



ANLEITUNG

ZU DEN

MAGNETISCHEN BEOBACHTUNGEN.

VON

KARL KREIL,

DIRECTOR DER K. K. CENTRAL-ANSTALT FÜR METEOROLOGIE UND ERDMAGNETISMUS,
WIRKLICHEM MITGLIEDE DER KAIS. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN etc.

ZWEITE VERMEHRTE AUFLAGE.

(Als Anhang zum XXXII. Bande der Sitzungsberichte der mathem.-naturw. Classe der kaiserl. Akademie der Wissenschaften.)



WIEN.

AUS DER K. K. HOF- UND STAATSDRUCKEREI.

IN COMMISSION BEI KARL GEROLD'S SOHN, BUCHHÄNDLER DER KAIS. AKADEMIE DER WISSENSCHAFTEN.

1858.

Magnetische Beobachtungen.

1. Bestimmungsstücke der magnetischen Erdkraft.

Bei einer jeden Kraft handelt es sich immer um zwei Bestimmungsstücke, die man zu erkennen sucht, um ihre Richtung und ihre Stärke oder Intensität.

Die Kenntniss der Richtung der magnetischen Kraft ist aber selbst wieder durch zwei Bestimmungsstücke bedingt, nämlich durch den Winkel, den sie mit dem Horizonte macht, gemessen in einer Ebene, welche durch die Richtung der Kraft und das Zenith des Beobachters geht (den magnetischen Meridian), und den Winkel zwischen diesem und dem geographischen Meridiane des Beobachters. Der erste Winkel heisst die Inclination oder Neigung, der zweite Declination oder Abweichung. Die Apparate erlauben in ihrem gegenwärtigen Zustande beide Bestimmungsstücke, so wie auch die Intensität der horizontalen Componente zu messen, woraus sich die Intensität der Gesammtkraft durch Division mit dem Cosinus der Inclination ergibt. Manche Beobachter messen statt der Inclination ein anderes Bestimmungsstück, nämlich die Intensität der verticalen Componente; allein da hiezu eigene Instrumente erfordert werden, die bei uns wenig bekannt sind und auch keine genaueren Resultate geben, so braucht man sie hier nicht weiter zu berücksichtigen. Es sind demnach die Declination, die Intensität der horizontalen Componente (kürzer: die horizontale Intensität) und die Inclination die drei Bestimmungsstücke, welche gemessen werden müssen.

I. Declination.

2. Bestimmungsstücke der Declination.

Die Bestimmung der Declination erfordert zwei Messungen, jene des Winkels, den die Verlängerung der magnetischen Axe

einer horizontalen Nadel, die sich um eine verticale Axe frei bewegen kann, mit der zu einem festen, dem Horizonte nahen Punkte gezogenen Richtungslinie macht, und jene des Winkels zwischen dieser Richtungslinie und der geographischen Meridianlinie des Beobachtungsortes. Es wird hiebei vorausgesetzt, dass beide Winkel schon auf den Horizont gebracht, d. h. so gemessen worden sind, als wenn der feste Punkt im Horizonte selbst läge, so wie dies bei der magnetischen Axe des Magnetstabes und der Meridianlinie der Fall ist. Die Voraussetzung ist um so mehr erlaubt, da die Instrumente, welche man zu dieser Winkelmessung braucht, nämlich die Theodoliten, schon so eingerichtet sind, dass sie sogleich die Winkel im Horizonte angeben.

Man nennt den festen Punkt in der Nähe des Horizontes die Mire. Hiezu eignet sich jeder gut sichtbare, scharf begrenzte Gegenstand, wenn er nicht zu nahe ist. Es werde der erste der beiden zu messenden Winkel durch a, der zweite durch A bezeichnet, und für beide sei der Anfangs- oder Nullpunkt in der nach Süden gekehrten Richtung der geographischen Meridianlinie, so wie beide von Süden gegen Westen von 0° bis 360° wachsen sollen. Man nennt bekanntlich alle diese im Horizonte gelegenen und auf die angegebene Weise gezählten Winkel Azimuthe oder Azimuthal-Winkel. Liegt die Mire im Meridiane selbst, so ist ihr Azimuth (der Winkel A) gleich Null, und die Messung der Declination beschränkt sich auf die Bestimmung des Winkels a.

3. Magnetometer von Gauss [1]).

Um diese Winkel mit der grössten Schärfe zu messen, ist zuerst erforderlich, dass man die Lage der magnetischen Axe des Magnetstabes genau kenne, und dass er sich so frei als möglich in einer horizontalen Ebene bewegen könne. Die Erfüllung dieser Bedingungen führte zu manchen sinnreichen Apparaten, von denen jene, die bei uns am gebräuchlichsten sind, hier beschrieben werden

---

[1]) S. Gauss: *Intensitas vis magneticae ad mensuram absolutam revocata. Göttingae 1832.* 4°. — Göttinger gel. Anzeigen, 1832, S. 2041 u. 1835, S. 345. — Schuhmacher's Jahrbuch, 1836, S. 1. — Resultate des magnetischen Vereines, 1836, S. 13; 1837, S. 104; 1838, S. 68.

sollen, ehe die Vorschriften zur Auffindung der Declination auseinandergesetzt werden.

Das Magnetometer von Gauss besteht,

a) aus dem Träger des Magnetstabes nebst der Hebeschraube und dem Faden;

b) dem Magnetstabe;

c) dem Schiffchen mit dem Torsionskreise;

d) dem Spiegel und Spiegelhalter;

e) dem Torsions- und Beruhigungsstabe, und

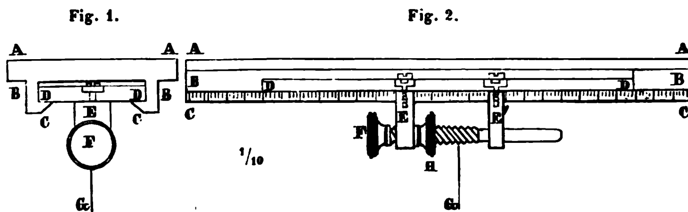
f) der Scala mit dem Theodoliten.

a) Träger, Hebeschraube, Faden.

Es ist sehr zweckmässig, den Faden, welcher den Magnetstab tragen soll, an der Decke des Saales oder an der Mauer zu befestigen, weil dadurch der Magnetstab vom Fussboden hinreichend isolirt und vor den Erschütterungen geschützt wird, die dieser beim Gehen im Saale erleidet, und weil der Faden dadurch eine schickliche Länge erhält. Wählt man keinen Metalldrath (dessen Elasticität bei gleichem Tragvermögen fast zehnmal grösser ist als die eines Seidenfadens), sondern einen aus parallelen Coconfäden zusammengesetzten Faden zum Tragen des Magnetstabes, so verlängert sich dieser zumal im Anfange sehr beträchtlich, und es wird darum von Zeit zu Zeit nothwendig, den Faden in die Höhe zu ziehen, damit der Stab und der daran befestigte Spiegel seine ursprüngliche Höhe wieder erhalte. Bei diesem Aufziehen darf der Faden nicht aus der Verticalen, die er einnahm, verrückt werden. Zu diesem Zwecke dient eine Schraube, in deren Gewinde der Faden eingelegt ist, und auf welcher er noch weiter aufgewunden werden kann, während ein entfernterer Theil der Schraube in eine feststehende Mutter eingreift. Das Gewinde, in welches der Faden beim Vorwärtsdrehen der Schraube sich neu einlegt, tritt dann von selbst (durch die Vorwärtsbewegung der ganzen Schraube) an die Stelle dessen, in welchem der vertical herabhängende Faden zuvor gelegen hatte. Die feststehende Mutter nebst einem festen Lager, durch welches die Schraubenspindel an ihrem Ende frei hindurchgeht, sind in einem hölzernen Schieber eingelassen, der mit Nuth und Feder in ein grösseres an der Decke befestigtes Brett eingreift und darin von Ost nach West oder umgekehrt verschoben werden kann. Wenn

mit der Zeit die Lage des magnetischen Meridians sich beträchtlich ändern sollte, so dient diese Schiebung dazu, das Magnetometer in dem Meridian des Fernrohres zu erhalten. Nach einer solchen Verschiebung des Trägers an der Decke, die nur selten vorgenommen zu werden braucht, muss an der gegenüberstehenden Wand eine neue Mire angebracht werden, auf welche das Fernrohr, ohne aus dem Meridian zu weichen, eingestellt werden kann.

Der Träger nebst Schraube und Faden ist, von Westen gesehen, in Fig. 1 dargestellt. *AA* ist ein an der Decke befestigtes Brett;



BB sind zwei darauf geleimte parallele Holzleisten, zwischen denen sich ein Schieber *DD* von Osten nach Westen bewegen lässt, der von zwei vorspringenden Leistchen *CC* getragen wird. Am Schieber sind durch Schrauben die messingenen Lager *E* u. *E'* befestigt, durch welche die Hebeschraube in der Richtung von Ost nach West durchgeht, *F* ist ihr Schraubenkopf am westlichen Ende, der in dieser Figur die Schraube selbst bedeckt. *G* ist der an der Schraube befestigte Faden.

Fig. 2 stellt denselben Träger nebst Schraube und Faden von Süden gesehen dar. *AA* ist hier der Längendurchschnitt des an die Decke befestigten Brettes; *BB* ist die nördliche auf jenes Brett aufgeleimte Leiste; *CC* das Leistchen, auf welchem der Schieber aufruht. Es ist am Rande mit einer Scale versehen, die zur Stellung des Schiebers dient; *DD* stellt den Schieber seiner Länge nach dar, woran die messingenen Lager *E* und *E'* mit Schrauben befestigt sind. Durch diese Lager geht die Hebeschraube hindurch, deren Kopf *F* ist. Diese Schraube greift mit ihrem Gewinde in das Lager *E* ein und wird daran von der Gegenmutter *H* festgedrückt. Nahe an dem zweiten Lager *E'* verwandelt sich die Schraube in einen glatten Cylinder, der durch eine glatte Öffnung des Lagers *E'* hindurchgeht. Am Ende der Schraubengewinde ist der Faden *G* befestigt und liegt in den Schraubengängen, worin er bis zur Mitte zwischen beiden

Lagern fortläuft, von da senkrecht herabhängt und am untern Ende das Schiffchen des Magnetometers trägt. Soll der Faden gehoben werden, so wird die Gegenmutter *H* gelöst und dann die Schraube am Schraubenkopfe *F* in ihren Lagern gedreht.

Der Faden, an dem der Magnetstab hängt, besteht aus 200 parallelen Coconfäden, von denen jeder 30 Gramme trägt, ohne zu zerreissen. Das Gewicht, welches dieser Faden gewöhnlich zu tragen hat, beträgt fast 2000 Gramme (3·5 Wiener Pfunde), wozu bei der Intensitätsmessung noch 1000 Gramme kommen. Er trägt also nie mehr als die Hälfte des Gewichtes, bei dem er zerreissen würde. Er ist dabei 2 Meter (6·3 Wiener Fuss) lang, und hat eine Torsionskraft, deren Moment für kleine Ablenkungen etwa den 1000ten Theil des magnetischen beträgt. Dieser Faden ist so zubereitet worden, dass der einfache Coconfaden 25mal um zwei Glasröhren geführt wurde, die 4mal weiter von einander abstanden als der Faden lang werden sollte. Darauf wurden die beiden Enden des Fadens fest zusammengebunden und der von ihnen gebildete 25fache Ring durch Entfernung der beiden Glasröhren gespannt. Darauf wurde mitten zwischen den beiden Glasröhren ein Haken mit einem kleinen Gewichte angehängt, die beiden Glasröhren in die Höhe gehoben, zusammengeführt, und die beiden die Glasröhren umschliessenden Schleifen in eine Schleife vereinigt. So entstand ein hundertfacher Faden, der oben und unten eine Schleife bildete und auf ähnliche Weise nochmals zusammengelegt den Faden gab, an welchem der Magnetstab aufgehangen wurde.

b) Magnetstab.

Der Magnetstab ist von feinem Stahle und vollkommen gehärtet. Seine Form ist in *DD* Fig. 3, 4 und 5 ersichtlich. In Göttingen gebraucht man sehr grosse Stäbe, von 25 Pfund Gewicht, 10 Pf., 4 Pf. u. s. f. Man glaubte hiedurch manche äusseren Störungen, z. B. die der Luftströme, unschädlich zu machen, welche, da die einschliessenden Kästen die Nadel nicht luftdicht absperren, oft merklich einwirken. Die neueren in München verfertigten Apparate haben viel kleinere Magnete, die aber möglichst luftdicht eingeschlossen sind. Auch in den Göttinger Apparaten, welche für Reisen eingerichtet werden, sind die Magnete kleiner; der jetzt beschriebene ist aber für einen festen Aufstellungsort bestimmt.

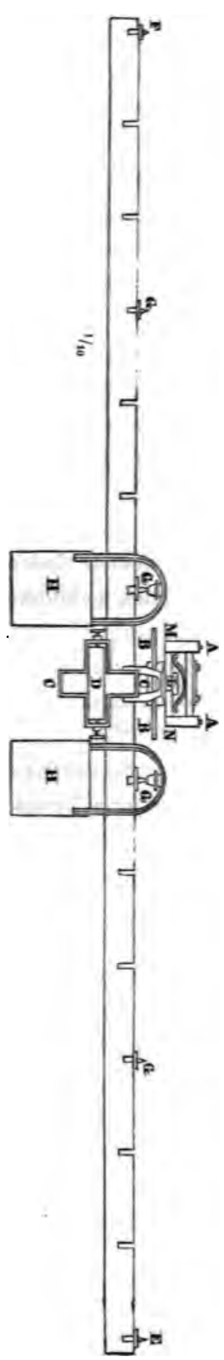


Fig. 5

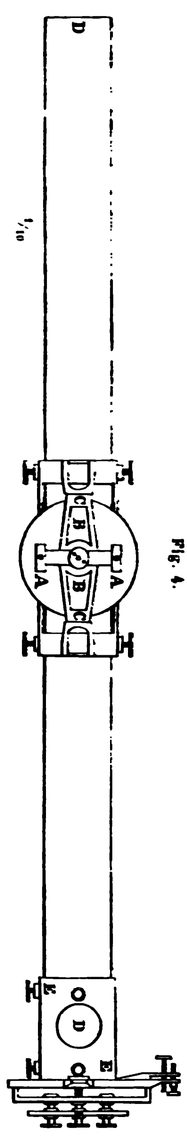


Fig. 4.

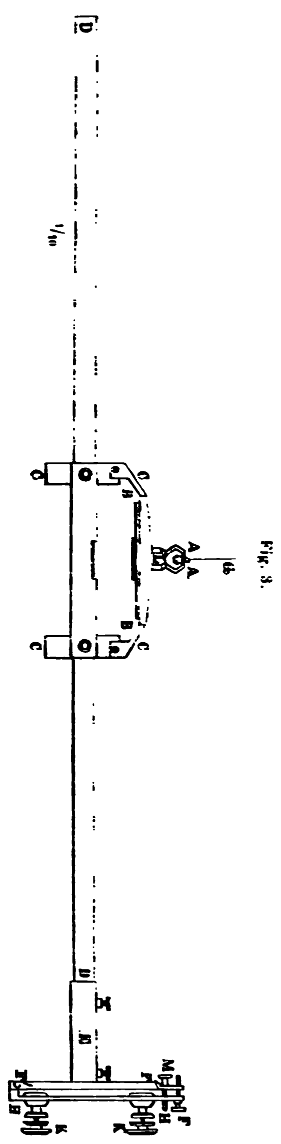


Fig. 3.

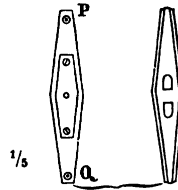
c) Schiffchen und Torsionskreis.

Um die Grösse der Torsionskraft zu messen und ihren Einfluss dadurch zu vermindern, dass der Faden bei dem mittleren Stande des Magnetstabes sich in einer nicht gedrehten Lage befindet, war es nöthig, ihn an einem seiner beiden Enden so um sich selber drehen zu können, dass sich dabei der Drehungswinkel messen liesse. Um diese Drehung zur Hand zu haben, wird sie am untern Ende des Fadens angebracht; damit aber der Magnetstab nicht mit gedreht werde, ist das Schiffchen *BBCC* Fig. 3, 4, 5 aus zwei Theilen, gleichsam aus einer Alhidade *CC* und einem Kreise *BB* zusammengesetzt; die sich nur um eine gemeinsame verticale Axe drehen lassen. Die Alhidade trägt den Magnetstab *DD* und wird vom Kreise getragen. Der Kreis ist mit einem Zapfen *L* versehen, der durch die Alhidade durchgeht, und oben einen Querbalken *MN* (Fig. 5) mit den beiden Schlingen *AA* trägt, deren jede mit einem Loche (Fig. 4) versehen ist, in welche die Zäpfchen *PQ* des Querstückes (Fig. 6, 7), an welches der Faden geknüpft ist, eingesteckt und darin durch eine auf den Querbalken *MN* (Fig. 5 u. 6) drückende Feder erhalten werden. Bei dieser Einrichtung des Schiffchens ist es von Wichtigkeit, dass die Alhidade, in welcher der Magnetstab liegt, auf dem Rande des Kreises, der vom Faden getragen wird, aufliege, weil sonst der Fall eintritt, dass die Reibung, wenn sie blos an der Drehungsaxe stattfindet, eine gegenseitige Verschiebung beider Theile gegen einander in Folge des vom schwingenden Stabe erhaltenen Impulses gestattet. Übrigens ist das Schiffchen so gestaltet, dass der Magnetstab sowohl mit seiner breiten als schmalen Seite nach unten gekehrt hingelegt werden kann, um bei Declinations-Bestimmungen die Lage des Spiegels gegen die magnetische Axe des Stabes in beiden Richtungen genau bestimmen zu können.

Fig. 6.



Fig. 7.

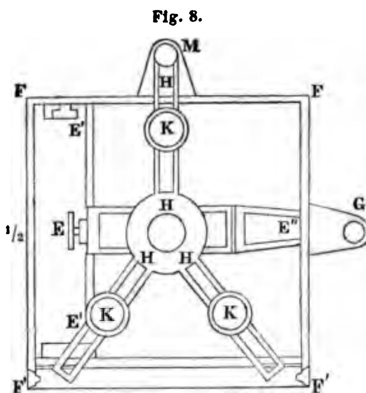


d) Spiegel und Spiegelhalter.

Der Spiegel des Magnetometers muss vollkommen plan sein, weil sonst bei der starken Vergrösserung, die man nöthig hat,

um die Theilung der Scale aus der grossen Entfernung, in welcher sie steht, scharf zu sehen, das Bild undeutlich wird. Es ist vortheilhaft, wenn er etwas breiter als hoch ist, weil, wenn der Magnetstab schwingt, abwechselnd der rechte und linke Theil des Spiegels vor das Fernrohr tritt. Die angemessensten Dimensionen sind 50—70 Millimeter Höhe und 70—100 Millimeter Breite. Der Spiegel wird an dem dem Fernrohre zugekehrten Ende des Magnetstabes befestigt und soll mit ihm ein festes System bilden, dass keine gegenseitige Verrückung beider während der Versuche zu fürchten ist, ungeachtet dabei der Magnetstab aus dem Schiffchen herausgenommen und verkehrt wieder hineingelegt wird. Auch soll er eine solche Lage erhalten, dass seine Normale (die Spiegelaxe) der magnetischen Axe des Stabes sehr nahe parallel ist. Zu diesem Zwecke dient der Fig. 3, 4 und 8 abgebildete Spiegelhalter, der bei *E* (Fig. 3 und 4) eine den Magnetstab umschliessende Scheide bildet, die durch Schrauben daran fest geklemmt wird. An dieser Scheide ist ein um eine verticale Axe *E' E'* (Fig. 8) drehbares Rähmchen *FF'* angebracht. Eine kleine Druck- und Klemmschraube, die zur Verstellung und Feststellung dieses Rähmchens dienen, befinden sich auf der abgewendeten Seite der Figur und sind darum nicht sichtbar (in Fig. 8 sieht man sie bei *G*).

Fig. 8.



Mit diesem ersten um eine verticale Axe drehbaren Rähmchen ist ein zweites um eine horizontale Axe *F' F'* (Fig. 8) drehbares Rähmchen *HH* verbunden, welches gegen das erste mittelst der bei *M* sichtbaren Druck- und Klemmschraube gleichfalls verstellt und festgestellt werden kann. An diesem zweiten Rähmchen sind die drei Klemmen *K* angebracht, welche den Spiegel aufnehmen sollen. Das im Hintergrunde zwischen *E* und *E''* (Fig. 8) sichtbare Rechteck ist der Querschnitt der den Magnetstab umschliessenden Hülse. Diese Hülse hat auf der einen Seite zwei Vorsprünge *E' E'*, welche die verticale Axe des Rähmchens *FFF'F'* bilden. Gegenüber bei *E''* ist ein dritter Vorsprung, gegen welchen die Druck- und Klemmschraube wirken, die zur Verstellung und Feststellung dieses ersten Rähmchens

dienen. An diesem ersten Rähmchen bei *F'F'* ist eine horizontale Axe angebracht, um welche das zweite Rähmchen *HHH* sich drehen kann. Dieser Axe gegenüber sind an beiden Rähmchen kleine Vorsprünge, die durch Druck- und Klemmschraube ebenfalls gegenseitig verstellt und festgestellt werden können. In dem zweiten Rähmchen sieht man drei Schlitze *HHH* angebracht, in welchen drei kleine Schieber verschoben und festgestellt werden können. Diese Einrichtung dient dazu, den Raum zur Aufnahme des Spiegels der Grösse des letzteren anzupassen. Diese drei Schieber endigen mit drei kleinen verticalen Kreisflächen, auf welche die belegte Seite des Spiegels mit ihren Rändern aufgelegt wird, während der Kopf einer Schraube, deren Gewinde am Spiegelrande vorbei in den Schieber eingreift, auf die Vorderfläche des Spiegels drückt. Fig. 8 zeigt nur die Schraubenköpfe, in Fig. 3 sieht man aber bei den zwei sichtbaren Schiebern die beiden den Spiegel umfassenden Flächen, jedoch ohne Spiegel, in Fig. 4 sieht man alle drei Schieber sammt dem zwischenliegenden Spiegel.

e) Torsions- und Beruhigungsstab, Kasten.

Der Torsionsstab hat die Form und Grösse des in Fig. 3 u. 4 abgebildeten Magnetstabes, ist aus reinem Messing gearbeitet und besitzt in der Mitte eine kleine Vertiefung, welche bei einem 600 Millimeter langen Stabe von einem 2—3 Zoll langen und ungefähr einen halben Zoll breiten Magneten ausgefüllt wird. Das Schiffchen und der Spiegelhalter ist daher auch für ihn anpassend, und der Spiegel kann an ihm eben so genau berichtigt werden wie am Magnetstab.

Zur schnellen und genauen Ausführung der Beobachtungen ist es von Wichtigkeit, die Schwingungen des Magnetstabes nach Belieben abändern zu können, sie bald zu vergrössern, bald zu verkleinern, wie es der vorgesetzte Zweck erfordert. Hiezu dient der Beruhigungsstab, in dessen Gebrauche sich jeder Beobachter einüben muss. Es ist ein Magnetstab, der die halbe Länge und Breite von jenem des Magnetometers hat. Wird dieser Stab vom Beobachter, welcher hinter dem Theodoliten sitzt, horizontal und rechtwinklich auf den magnetischen Meridian gehalten, so bringt er in der Entfernung von ungefähr 3 Klaftern am Magnetometer eine Ablenkung von nahe einer Bogenminute hervor, und zwar westlich, wenn sein Pol,

der dem zugewendeten des Magnetometerstabes gleichnamig ist, östlich gehalten wird. Diese Ablenkung wird desto kleiner, je mehr der Beruhigungsstab sich von der horizontalen Lage entfernt, und verschwindet gänzlich, wenn er vertical gehalten wird, daher man auch diesen Stab ohne Bedenken immer in der Nähe des Theodoliten bewahren kann, wenn nur seine Längenaxe nicht ausser den magnetischen Meridian tritt und der verticalen Richtung nahe bleibt. Da der Magnetstab nach jeder Operation, die man an ihm vornimmt, wie beim Umlegen wegen der Auffindung der magnetischen Axe, beim Herausnehmen und Hineingeben wegen der Torsionsbestimmung u. dgl., sich immer in grossen Schwingungen befindet, so ist die gehörige Einübung im Gebrauche des Beruhigungstabes eine der unerlässlichen Bedingungen, um die Beobachtungen schnell und sicher auszuführen. Es kann übrigens jedes beliebige Stück Eisen, wenn es so in der Nähe des schwingenden Stabes gehalten wird, dass es dessen Bewegung hemmt, zur Beruhigung verwendet werden.

Der Kasten, welcher das Magnetometer vor den Einflüssen der Luftströmungen schützt, ist weit und zugänglich gebaut. Er ist cylindrisch oder sechseckig und sein Durchmesser richtet sich nach der Grösse des Stabes. Für Stäbe von 600 Millimeter Länge hat er 800 Millimeter (ungefähr 2·5 Wiener Fuss) Durchmesser und 300 Millim. (1 Wiener Fuss) Höhe. Diese Form war für die Versuche zu Intensitätsmessungen die angemessenste. Auch ist es nöthig, dass der Kasten von oben ganz geöffnet, jedoch auch wieder gut verschlossen werden kann, so dass nur für den Faden eine Öffnung in dem Deckel, für den Spiegel eine in der Seitenwand des Kastens bleibt. Die letzte kann mit einem hölzernen Schieber bedeckt werden, um in der Zeit, wo nicht beobachtet wird, den Luftzug abzuhalten. Oberhalb verschliessen zwei halbkreisförmige Deckel den Kasten, in welchem sich die kleine Öffnung für den Faden befindet, jedoch nicht in der Mitte, sondern so angebracht, dass der Spiegel dicht vor der Seitenöffnung des Kastens zu schweben kömmt, damit eine kleinere Öffnung hinreiche, um das Licht von der Scale zum Spiegel und von diesem zum Fernrohre gelangen zu lassen. Um den Kasten herum sind mehrere Stangen gelegt, die zu der Intensitätsmessung dienen. In Fig. 9 und 10, welche den magnetischen Beobachtungssaal zu Göttingen darstellen, sieht man auch den Kasten sammt diesen Messstangen.

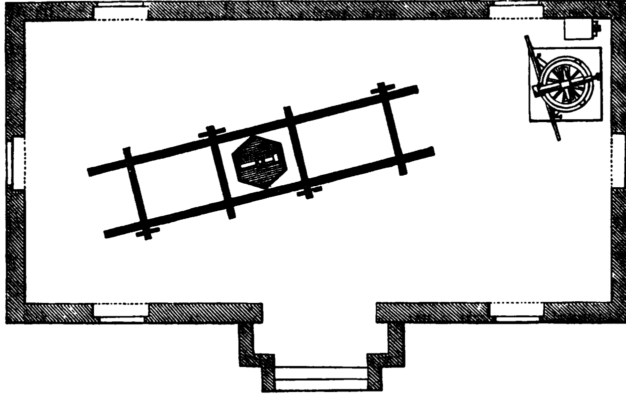
f) Magnetischer Saal, Theodolit, Scala, Mire.

Zur Aufstellung des Magnetometers eignet sich am besten ein länglich-viereckiger Saal, der nach der Richtung des magnetischen Meridians ungefähr 6 Klafter Ausdehnung hat, dessen Seitenwände aber nicht nothwendig dieser Richtung parallel zu sein brauchen. Er muss helles Licht haben, vor Luftzug geschützt und mit einem festen Fundamente versehen sein, auf welchem der Theodolit und die Uhr aufgestellt werden können. Auch ist zu wünschen, dass von der Stelle des Theodolitenfernrohrs aus ein entferntes Object zu sehen sei, dessen Azimuth bekannt ist, oder genau bestimmt werden muss. Dieser Saal darf natürlich keine eisernen Bestandtheile enthalten; jedoch werden die stählernen Axen der Uhr und die Zapfen des Theodoliten, welche immerhin ungefähr 3 Klafter vom Instrumente entfernt aufgestellt werden können, darauf keinen merkbaren Einfluss ausüben. In einer Entfernung von 100 Fuss und darüber werden selbst grössere Eisenmassen, wie Stangen, Geländer u. dgl. kaum eine Einwirkung merken lassen, und man hat sie daher, vorzüglich wenn sie fest sind, nicht zu scheuen. Das Magnetometer wird am besten nahe in die Mitte des Saales aufgehängt, und der Theodolit in einer Entfernung von 2 — 3 Klafter von ihm, so dass sein Abstand von der gegenüberstehenden Wand doppelt so gross ist als jener vom Spiegel des Magnetometers. Der Theodolit muss nach Art der astronomischen Instrumente auf einem gemauerten oder steinernen Fundamente und wo möglich auch auf einem solchen Pfeiler stehen, welcher mit dem übrigen Fussboden in keiner Berührung ist. Auf jenem Theile der dem Theodoliten gegenüberstehenden Wand, welche das Fernrohr trifft, wenn das Objectiv so weit erhöht wird, dass die optische Axe über den Kasten des Magnetometers hinweggeht, ist eine Mire angebracht, welche dazu dient, sich von der unverrückten Stellung des Fernrohrs zu überzeugen, oder es in die frühere Stellung zurückzubringen, wenn es verrückt sein sollte. Der Theodolit, das Magnetometer und die Mire müssen möglichst nahe im magnetischen Meridian stehen, welcher daher vor der Aufstellung auf dem Boden des Saales zu verzeichnen ist.

Neben dem Theodoliten ist an einem eigenen Pfeiler oder an der gemauerten Wand die Pendeluhr aufgestellt, welche Secunden mittlerer Zeit schlägt, und deren Fehler und Gang immer bekannt sein

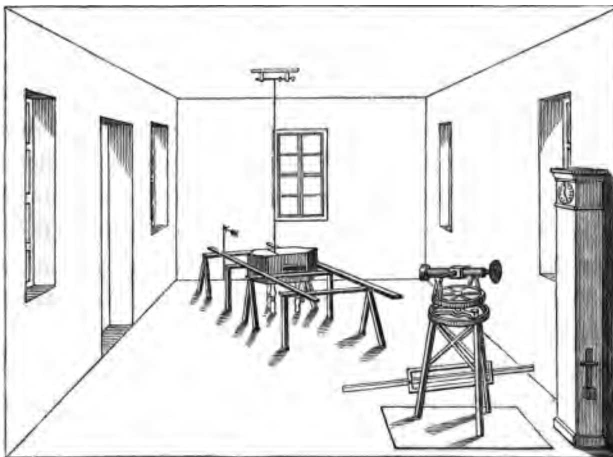
muss, um jede Beobachtung zur festgesetzten Secunde anstellen zu können.

Fig. 9.



Unterhalb des Theodoliten ist an den Pfeilern die in Millimetern getheilte Scala angebracht in solcher Entfernung vom Fernrohr, dass die durch die Nadel des Magnetometers gelegte horizontale Ebene jene Entfernung halbirt, damit die Nummern derselben vom vertical gestellten Magnetometerspiegel reflectirt in das Fernrohr gelangen. Die Längenaxe der Scala muss senkrecht auf dem magnetischen Meridian stehen, auch soll sie beliebig etwas höher oder tiefer gerückt werden können. Vom oberen Rande des Objectives durch die

Fig. 10.



Mitte desselben geht ein Lothfaden auf den Boden, der sehr nahe an der Scala streift und den Punkt derselben angibt, welcher in der Verticalebene der Axe des Fernrohres liegt, daher dazu dient, seinen unverrückten Stand gegen die Mire anzuzeigen.

Figur 9 und 10 zeigen den Saal des magnetischen Observatoriums in Göttingen mit dem Theodoliten und der Scala, der Uhr und dem Beruhigungsstabe, dem Kasten, in welchem der Magnetstab eingeschlossen ist, dem Faden und Träger, an welchem er hängt, die mit einem Pfeile gezeichnete Mire auf der genüberstehenden Wand, und die zur Intensitätsmessung nöthigen Messstangen.

4. Aufstellung des Magnetometers.

Nach dieser Beschreibung des Magnetometers werden wenige Worte genügen, um das Verfahren bei der Aufstellung kennen zu lernen. Hat man, wie schon früher erwähnt wurde, die Richtung des mittleren [1]) Meridians auf dem Boden des Beobachtungssaales angezeigt und den Theodoliten in diese Richtung, die Scalen senkrecht darauf gestellt, so lasse man von der Decke des Saales ein Loth bis auf den Fussboden herab, welches ebenfalls in den magnetischen Meridian fallen muss. Dieses Loth, welches vorläufig die Stelle des Fadens vertritt, an welchem der Magnetstab aufgehängt werden soll, dient einerseits dem Träger, andererseits dem Theodoliten seine genaue Stellung anzuweisen, denn dieser muss so gestellt werden, dass die durch jenes Loth und den verzeichneten magnetischen Meridian gehende Ebene auch die optische Axe des Fernrohres in sich enthalte, und dass für einen Punkt des Lothes, dessen Höhe über dem Fussboden die mittlere ist zwischen jener der Scale und des Fernrohres, die Summe der Entfernungen dieses Punktes von der Scale und dem

---

1) Da nämlich die magnetische Declination also auch der Meridian fortwährend seine Lage ändert, so kann man ihn nicht ganz genau, sondern nur durchschnittlich verzeichnen. Der m i t t l e r e magnetische Meridian ist jene Vertical-Ebene, welche durch die mittlere Declination gelegt wird, d. h. durch das Mittel aller im Verlaufe eines Tages von Stunde zu Stunde oder wenigstens von zwei zu zwei Stunden beobachteten Declinationen. Hat man keine stündlichen oder zweistündlichen Beobachtungen zu Gebote, so kann man das Mittel der um 7 Uhr Morgens und 1 Uhr Nachmittags gefundenen Declination als mittlere annehmen. Will man sich auf eine Beobachtungsstunde beschränken, so ist die um 10 Uhr Vormittags oder um 6 Uhr Abends der mittleren Declination am nächsten.

Objectiv des Fernrohres gleich sei der Entfernung des Objectives von der auf der gegenüberstehenden Wand bezeichneten Mire. Ist nun dieser Punkt des Lothes sowohl als auch dessen Ausgangspunkt an der Decke bezeichnet worden, so dient letzterer den Träger an seinen gehörigen Platz zu stellen, und das Schraubungsgewinde zu bestimmen, von welchem der Faden herabhängen soll, ersterer, den Ort des Fadens anzugeben, an welchem das Schiffchen zu befestigen ist. Da der Faden sich nach der Belastung ohnehin ausdehnt, wird man den Befestigungspunkt lieber höher wählen, und die richtige Höhe, wenn der Faden seine bleibende Länge erlangt hat, durch die Hebeschraube herstellen. Die Höhe des Magnetometers ist dann genau, wenn die Nummern der Scale in der Mitte des Gesichtsfeldes des auf den Spiegel gerichteten Fernrohres erscheinen, wobei jedoch die Ocularröhre desselben zuerst in eine solche Lage zu bringen ist, dass man die Mire, wenn das Fernrohr darauf gerichtet wird, deutlich sieht. Hat man dann das Fernrohr wieder auf den Spiegel gerichtet, so halte man das Auge seitwärts vom Oculare, aber ihm nahe und genau in derselben Höhe, so wird man, wenn der Stab in der gehörigen Höhe hängt, und das Fernrohr genau auf den Spiegel gerichtet ist, die Scale mit freiem Auge durch die Mitte des Spiegels durchgehen sehen. Ist dies der Fall, so wird sie auch im Gesichtsfelde des Fernrohres erscheinen. Muss man aber das Auge höher halten als das Ocular, um die Scale im Spiegel zu sehen, so hängt der Spiegel und der Stab zu hoch, oder die Scale steht zu tief, man muss daher den einen oder die andere verstellen, bis sie am gehörigen Orte sind. Dasselbe ist der Fall, wenn man das Auge unter das Ocular halten muss, um die Scale zu sehen. Manchmal sieht man die Scale deutlich im Gesichtsfelde, aber sie erscheint am oberen oder unteren Rande desselben. Man bringt sie dann durch eine kleine Verrückung des Fernrohres, indem man das Ocular höher oder tiefer stellt, in die Mitte. Sieht man sie am rechten oder linken Rande des Gesichtsfeldes, so ist dies ein Zeichen, dass das Fernrohr gegen den Rand des Spiegels nicht gegen seine Mitte gerichtet ist. Man wird also das Ocular ein wenig nach rechts oder links führen, bis man die Scale in der Mitte hat. Endlich geschieht es auch öfters, dass man nur den oberen oder unteren Theil der Scale sieht, während der andere Theil unsichtbar ist, und nur zum Vorschein

kömmt, wenn die Scale scheinbare (der Spiegel wirkliche) verticale Schwingungen macht. Dieser Übelstand lässt sich nicht mit dem Fernrohre verbessern, sondern man muss entweder den Spiegel oder die Scale höher oder tiefer stellen, bis die ganze Scale deutlich wird.

5. Dämpfer.

Magnetstäbe, bei denen es sich nur darum handelt, ihre Richtung, nicht aber die Dauer einer Schwingung zu beobachten, pflegt man mit einem Gehäuse von dicken Kupferplatten zu umgeben, oder ihnen auch eine solche Kupferplatte in geringer Entfernung unterzulegen, welche Vorrichtung dazu bestimmt ist, die Schwingungen schnell zu verkleinern, und darum auch der Dämpfer genannt wird. Man muss sich jedoch vor dem Gebrauche überzeugen, dass das Kupfer von Eisentheilen frei ist, weil sich Fälle ergeben haben, wo es den Magnet von seiner natürlichen Stellung ablenkte. Bei kleineren Magneten, die man luftdicht verschliesst, sind die Schwingungen ohnehin kaum merklich, daher man den Dämpfer entbehren kann.

6. Auffindung der magnetischen Axe des Stabes und des magnetischen Meridians.

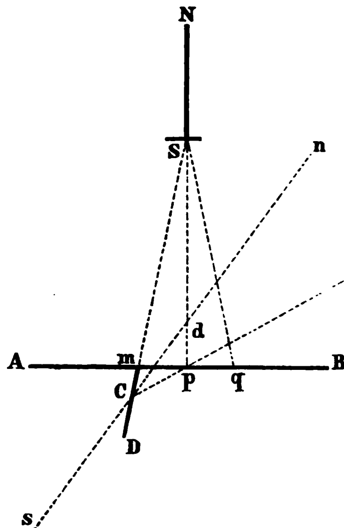
Damit man mit dem beschriebenen Apparate die zur Declinations-Bestimmung nöthigen Winkel messen könne, ist es vor allem nöthig, die Lage der magnetischen Axe zu kennen, welche durch ein einfaches Verfahren gefunden werden kann.

Um eine schnellere Übersicht über alle Theile des Apparates zu haben, sei derselbe (in Fig. 11) auf die Horizontalebene projicirt, in welcher sich die Längenaxe des Magnetstabes NS befindet, der in S den Spiegel trägt und wo AB die Scale, Dm das Fernrohr bezeichnet, von dessen Objective der Senkel auf den Scalentheil m trifft. Ist ps senkrecht auf der Ebene des Spiegels (die Spiegelaxe) und $pm = mq$, so wird der Scalentheil q unter dem Fadenkreuze erscheinen, woraus man die Richtung der Spiegelaxe sogleich finden kann, da $mp = \frac{1}{2}(m + q)$ sein muss.

Ist NS die magnetische Axe der Nadel und wäre der Spiegel senkrecht auf NS, so würde Sp die Verlängerung dieser Axe, somit p der Scalentheil sein, gegen welchen die magnetische Axe gerichtet ist, oder welcher im magnetischen Meridian liegt. Da man aber

eine solche Lage des Spiegels nicht voraussetzen darf, so muss ein Mittel vorhanden sein, die Abweichung der Spiegelaxe *Sp* von der Richtung der magnetischen Axe *NS* zu erkennen und in Rechnung zu bringen. Dieses Mittel besteht darin, dass man die Nadel umlegt, dass diejenige ihrer Flächen, welche früher nach unten gekehrt war, nun nach oben zu liegen kömmt, der Spiegel aber wieder gegen die Scala gerichtet ist. Sind nun die Zahlen der Scala so aufgetragen, dass sie von *m* gegen *q* wachsen, und hätte der Spiegel vor dem Umlegen eine von *p* gegen *m* abweichende Richtung gehabt, also zu kleine Zahlen gezeigt, so wird er nach der Umlage zu grosse Zahlen zeigen, und zwar um eben so viel, als sie vorher zu klein waren. Daraus folgt, dass das Mittel beider Ablesungen vor und nach dem Umlegen den Punkt *p* der Scala geben wird, welcher im magnetischen Meridiane liegt, vorausgesetzt, dass in der zwischen beiden Ablesungen verflossenen Zeit sich die Lage des magnetischen Meridians oder die Declination nicht geändert habe, eine Voraussetzung, welche, wenn man scharf beobachten will, wieder nicht zulässig ist.

Fig. 11.



7. Berücksichtigung der Änderungen der Declination.

Um auch dieser Bedingung zu genügen, ist es nöthig, dass ein zweiter Beobachter mit einem Apparate, der an einem andern Orte aufgestellt ist, den Stand der Nadel in kürzeren Zwischenzeiten, z. B. von Minute zu Minute oder von zwei zu zwei Minuten ablese, und aufzeichne, woraus sich die während der Declinationsmessung stattgehabte und in Rechnung zu bringende Änderung ergibt. Ist kein zweiter Beobachter oder Apparat vorhanden, so muss man zu

solchen Bestimmungen jene Stunden wählen, in denen die Änderungen der Declination am kleinsten sind, nämlich die sogenannten Wendestunden, in welchen sie ihren grössten oder kleinsten Werth erreicht, und wieder abzunehmen oder zu wachsen beginnt. Diese Stunden sind für das Maximum 1 Uhr Nachmittags, für das Minimum 6 — 8 Uhr Morgens. Letzteres tritt in den Sommermonaten merklich früher ein als im Winter. Auch wird man sich nicht begnügen, die Nadel einmal umzulegen, sondern man wird dies öfters wiederholen, so dass man in möglichst schneller Aufeinanderfolge vier oder sechs Ablesungen, die eine Hälfte bei der einen, die andere bei der anderen Lage der Nadel erhält, und zwar aus dem doppelten Grunde, erstens um Ablesungs- oder andere Beobachtungsfehler, vor denen auch der geübteste Beobachter nicht genug auf der Hut sein kann, zu erkennen und unschädlich zu machen, zweitens, weil an manchen Tagen die Declination so unregelmässigen und schnellen Änderungen (Störungen) unterworfen ist, dass auch die verlässlichste Beobachtung an einem solchen Tage nicht ihre wahre Grösse zu ermitteln vermag. Aus einer mehrfach wiederholten Umlegung der Nadel wird man nach jedesmaliger Ablesung eine solche Erscheinung in vielen Fällen erkennen können. Hat man nämlich zu den vorgeschriebenen Stunden z. B. sechs Ablesungen, drei bei jeder Lage der Nadel, veranstaltet und stimmen die drei bei der einen Lage unter sich und eben so die drei bei der entgegengesetzen Lage, so ist es zwar nicht gewiss, aber wahrscheinlich, dass weder ein grosser Beobachtungsfehler noch eine bedeutende Störung vorhanden sei. Findet aber eine solche Übereinstimmung nicht Statt, und kann sie auch nicht bei fortgesetzter Beobachtung oder durch genaue Besichtigung des Apparates (um eine etwaige Fehlerquelle in einem seiner Bestandtheile zu entdecken) hergestellt werden, so ist allerdings die Wahrscheinlichkeit einer allgemeinen magnetischen Störung vorhanden, und man wird besser thun, die Beobachtung auf einen anderen Tag zu verlegen.

8. Bestimmung des Winkels zwischen der optischen Axe des Fernrohres und der magnetischen Axe der Nadel.

Hat man durch das angedeutete Verfahren den Scalentheil p bestimmt, welcher im magnetischen Meridiane liegt, so handelt es sich darum, den Winkel DSp (Fig. 11) zu finden, den die optische Axe des

Fernrohres Dm, projicirt auf die Horizontalebene der Nadelaxe, mit dieser macht. Diesen Winkel findet man leicht, wenn man die Entfernung Sp der Spiegelfläche von der Verticalebene, in welcher die Scale aufgestellt ist, kennt, welche Entfernung daher zuerst gemessen werden muss. Man wird zu diesem Behufe einen Senkel mit einem feinen Faden anbringen, welcher an die Scale im Punkte p streift, und den Abstand jenes Punktes des Fadens, welcher mit der Nadelaxe in einerlei Horizontalebene liegt, vom Spiegel messen, wobei man jedoch zu bedenken hat, dass nicht die vordere Glasfläche, sondern (wegen der im Glase vorgehenden Brechung der Lichtstrahlen) die um zwei Drittel der Glasdicke hinter ihr liegende Ebene als spiegelnde Fläche anzusehen ist, wesswegen man zwei Drittel der Glasdicke noch zu dem gemessenen Abstande hinzuzugeben hat, um die richtige Entfernung zu finden. Ist dies geschehen, und ist die Entfernung in demselben Maasse ausgedrückt, welches für die Theilung der Scale gewählt wurde, so hat man im Dreiecke mpS.

$$Tang.\ mSp = \frac{mp}{pS} = \frac{1}{2} \cdot \frac{mq}{pS}.$$

9. Werth eines Scalentheiles.

Um jedoch die Berechnung dieses Winkels, welche öfters vorzunehmen ist, möglichst zu vereinfachen, wird man seinen Werth für den Fall suchen, dass mq gleich ist e i n e m Scalentheile, und man hat, wenn man den Winkel für diesen Fall W und die Entfernung $pS = D$ nennt,

$$tang.\ W = \frac{1}{2D}.$$

Da dieser Winkel jedenfalls sehr klein ist, so kann man ihn sogleich in Bogensecunden ausdrücken, indem man setzt

$$W = \frac{206264{\cdot}8}{2D}.$$

Man pflegt W den W e r t h e i n e s S c a l e n t h e i l e s zu nennen, und braucht, wenn man ihn gefunden hat, nur die in der Entfernung mq enthaltenen Scalentheile durch ihn zu multipliciren, um sogleich die Anzahl der Secunden zu kennen, welche der ebenfalls kleine Winkel mSp begreift.

10. Drehung des Fadens.

Die Richtung des magnetischen Meridians, oder was dasselbe ist, der Magnetaxe der Nadel wäre nun bekannt, wenn der Faden, an welchem sie aufgehängt ist, keine Drehung hätte. Da man aber auch dieses nicht voraussetzen darf, so muss ein Mittel vorhanden sein, diese Drehung grösstentheils wegbringen und was noch übrig bleibt, messen und in Rechnung ziehen zu können. Zum Wegbringen der Drehung des Fadens dient jede nicht magnetische Masse, welche ungefähr dasselbe Gewicht hat, wie die Magnetnadel sammt dem daran befindlichen Zubehör, und die an den Faden angehängt wird. Lässt man sie so lange daran hängen, bis dieser sich nicht mehr dreht, so stellt sich der Faden in eine Lage, welche man die ungedrehte nennen kann. Hat die nicht magnetische Masse eine Form, welche jener der Magnetnadel ähnlich ist, besteht sie z. B. aus einem Stabe von Blei oder Messing, und hat die Längenaxe dieses Stabes bei der ungedrehten Lage des Fadens eine Richtung, welche jener des magnetischen Meridians nahe kömmt, so kann man überzeugt sein, dass auch die Magnetnadel, wenn sie bei dieser Lage des Fadens eingehängt wird, eine sehr geringe Drehung zu überwinden hat, welche in den meisten Fällen vernachlässigt werden darf. Um aber dem Faden eine solche Lage geben zu können, bei welcher sich auch der nicht magnetische Stab bleibend in den magnetischen Meridian stellt, muss entweder das Schiffchen, in welchem der Stab liegt, für sich und unabhängig vom Faden zu drehen sein, so dass, wenn dieser seine ungedrehte Lage angenommen hat, der Stab in den Meridian gestellt werden kann, ohne den Faden zu drehen, oder es muss der obere Haken, an welchem der Faden befestiget wurde, zugleich mit diesem und dem daran hängenden Schiffchen und Stabe drehbar sein, und somit das ganze System dem Meridiane zugewendet werden können, ohne dass der Faden eine Drehung erleidet. Bei den grösseren Apparaten dieser Art, den Gauss'schen Magnetometern, ist an dem Schiffchen ein getheilter Drehungskreis angebracht (Fig. 3, 4, 5), damit man genau wisse, um wie viel das Schiffchen oder der Faden gedreht wird.

Um aber auch die Drehung, welche noch übrig bleibt, messen und in Rechnung ziehen zu können, dient die sogenannte Torsions- oder Drehungs-Nadel, welche der anzuhängenden Magnetnadel

an Form und Gewicht gleich, aber aus nicht magnetischer Masse verfertiget, und nur mit einem kleinen Magnete versehen ist, um ihr einen geringen Grad von Richtkraft mitzutheilen. Will man die Verbesserung finden, welche an die Declination in Folge der Drehung des Fadens anzubringen ist, so hänge man zuerst die Magnetnadel ein und bestimme den Scalentheil, welcher im Meridian liegt; er sei S_1. Hierauf drehe man den Faden oder das Schiffchen um eine bestimmte Anzahl von Graden, z. B. um 360° oder 180° und suche wieder wie früher den Scalentheil S_2, gegen welchen die magnetische Axe der Nadel gerichtet ist, so ist die durch die Drehung des Fadens hervorgebrachte Ablenkung der Nadel $= S_2 - S_1 = n$ Scalentheile, abgesehen von der in der Zwischenzeit vorgegangenen Änderung der Declination. Man hänge nun an den gedachten Faden die Drehungsnadel an, es sei der Scalentheil, gegen welche ihre Axe gerichtet ist $= S_4$, man drehe nun das Schiffchen oder den Faden in seine frühere Lage zurück und beobachte wieder den Scalentheil S_3, der in der Verlängerung der Nadelaxe liegt, so ist $S_4 - S_3 = N$ die von der Drehung des Fadens hervorgebrachte Ablenkung der Torsionsnadel, welche natürlich viel grösser sein wird, da sie eine schwächere Richtkraft besitzt als die Magnetnadel.

Offenbar ist n die Verbesserung der Declination, welche wegen der absichtlich bewirkten Drehung des Fadens anzubringen ist, so wie andererseits diese Drehung den Unterschied $N—n$ in der Stellung der Nadeln hervorgebracht hat. Da man bei so kleinen Drehungen diese Unterschiede den gesuchten Verbesserungen proportionirt annehmen kann, so ist

$$N-n : n = 1 : x \quad \text{oder} \quad x = \frac{n}{N-n},$$

und x ist die Verbesserung der Declination für einen Scalentheil des Unterschiedes in der Stellung beider Nadeln. Hat man also bei irgend einer Declinationsbestimmung gefunden, dass die Drehungsnadel b Scalentheile weniger angibt als die Magnetnadel, so ist die Angabe der Magnetnadel um bx Scalentheile zu vergrössern und um eben so viel zu verkleinern, wenn die Drehungsnadel b Scalentheile mehr angibt als die Magnetnadel.

Es braucht wohl kaum erinnert zu werden, dass, wenn man ganz scharf verfahren will, die Änderungen der Declination während

der Dauer der Bestimmung an einem zweiten Apparate zu verfolgen, und sodann in Rechnung zu ziehen sind[1]).

11. Bestimmung der Declination.

Ist es durch das angezeigte Verfahren gelungen, den Scalentheil p (Fig. 11) anzugeben, gegen welchen die magnetische Axe der Nadel gerichtet sein würde, wenn keine Drehung und kein Spiegelfehler vorhanden wäre, so unterliegt die Bestimmung der Declination keiner weiteren Schwierigkeit, wenn nur das Fernrohr einen gehörig getheilten Horizontalkreis besitzt und ein Punkt in der Nähe des Horizontes vorhanden ist, dessen Winkelabstand vom geographischen Meridiane (Azimuth) man kennt. Ist M dieser Punkt (die Mire), sn der durch die verticale Drehungsaxe C des Fernrohres Dm gelegte geographische Meridian, so ist das Azimuth $s\,CM$, also auch der Winkel $n\,CM = \alpha$ bekannt, und da der Winkel $SCM = \beta$ auf dem Horizontalkreise des Fernrohres gemessen werden kann, so kennt man auch den Winkel $SCn = \beta - \alpha = \gamma$. Da ferner der Winkel $mSp = \delta$ auf die früher angedeutete Weise (nach 8) zu ermitteln ist, so ist auch der Winkel Sdn, die Declination bekannt. Bezeichnet man diese mit D, so hat man nämlich

$$Sdn = D = \gamma + \delta = \beta + \delta - \alpha$$

12. Magnetischer Theodolit von Lamont.

Ungefähr zehn Jahre nach dem Bekanntwerden dieser Apparate hat Lamont die Beschreibung seines magnetischen Theodoliten veröffentlicht[2]), welcher die Messungen der Declination vereinfacht, da er keiner Scale bedarf, sondern diese durch den Kreis der Theodoliten selbst ersetzt wird. Er ist nach einem von der kön. böhmischen Gesellschaft der Wissenschaften im Jahre 1843 angeschafften Exemplare in den Figuren 12 bis 25 dargestellt, und hat zwar seit

---

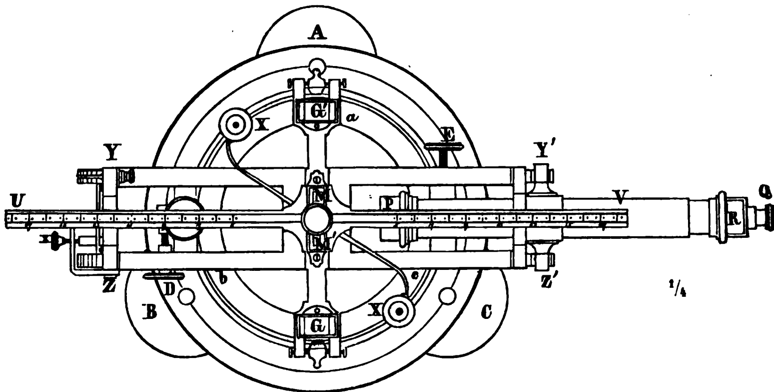
[1]) Über ein anderes Verfahren zur Bestimmung der Torsion siehe Resultate des magnetischen Vereines 1838, S. 78. — Die genaue Reduction der Magnetometer-Beobachtungen, um daraus die Declination zu finden, ist in den Resultaten des magnetischen Vereines 1837, S. 104 u. f. weitläufig auseinandergesetzt.

[2]) Annalen für Meteorologie und Erdmagnetismus, von Lamont. München 1842, 1. Heft, Seite 164; 2. Heft, Seite 179; 3. Heft, Seite 171; 4. Heft, Seite 224, und in mehreren folgenden Heften. Dessen Handbuch des Erdmagnetismus. Berlin 1849, Seite 224. Dessen Beschreibung der an der Münchner Sternwarte verwendeten neuen Instrumente und Apparate. München 1851.

jener Zeit in einigen Theilen kleine Abänderungen erlitten, die jedoch dem Beobachter, der einmal mit diesen Hauptbestandtheilen vertraut ist, in der Anwendung keine Schwierigkeiten mehr machen werden.

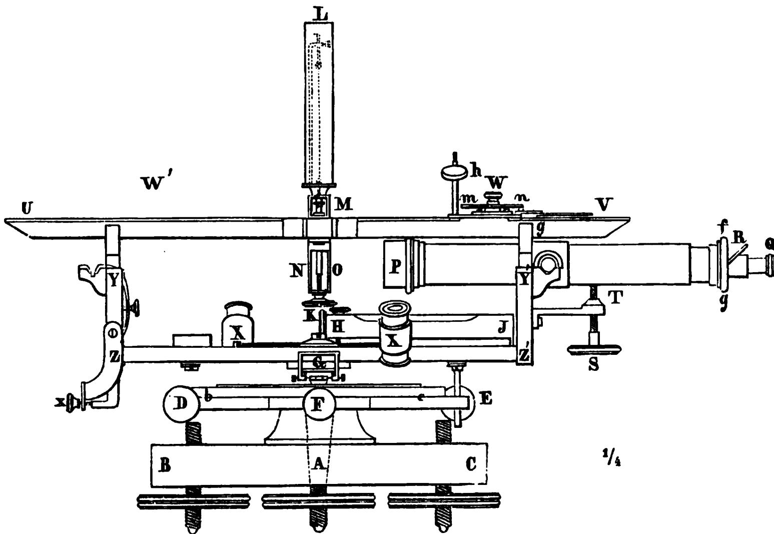
Fig. 12 und 13 zeigen in *ABC* das auf drei Schrauben ruhende Gestelle und in *abc* den Horizontalkreis des Theodoliten, auf

Fig. 12.



welchem sich mittelst des durchgehenden Zapfens *AF* (Fig. 13) der Aufsatz *YY'ZZ'* (Fig. 13 und 14) in horizontaler Richtung drehen

Fig. 13.



lässt. Die Fortsetzung dieses Aufsatzes *YY'UV* (Fig. 13) wird behufs der Intensitätsmessung darauf gestellt. Man denke sich also für die Declinationsbestimmung diese Fortsetzung abgenommen, wodurch der Aufsatz die in Fig. 14 dargestellte Gestalt, jedoch ohne die Glasglocke *de*, erhalten wird. Das Fernrohr *PQ*, dem durch die Schraube *ST* die gegen den Horizont parallele Lage gegeben werden kann, hat in der Ocularröhre einen Einschnitt, in welchem ein kleines Spiegelchen *R* von gewöhnlichem Glase eingelegt wird, das ungefähr unter 45° gegen die optische Axe des Fernrohres geneigt ist und die Bestimmung hat, das von oben kommende Licht unter einem rechten Winkel zu brechen, so, dass es mit jener Axe parallel wird, und durch das Objectiv auf den gegenüber befindlichen an dem Magnetstab *hi* befestigten Spiegel *k* (Fig. 14 und 15) fällt. Das zur Aufstellung dieses Apparates benützte Gemach muss daher senkrecht über dem Theodoliten ein Fenster haben, durch welches das Licht auf den Spiegel *R* fallen kann.

13. Apparat zur Declinationsbestimmung.

Nachdem der Theodolit auf einem festen Pfeiler oder Tische aufgestellt und durch die Libelle *HI* (Fig. 13) gehörig nivellirt worden ist [1]), wird auf die dem Fernrohre gegenüberstehenden Stützen *Y* der Declinationsapparat *lm* (Fig. 14 und 15) aufgesetzt, welcher aus drei von einander trennbaren Theilen zusammengesetzt

[1]) Zu diesem Zwecke stellt man das Instrument zuerst so, dass die Richtung der Libelle parallel wird mit einer durch zwei Fussschrauben, z. B. *B* und *C* gelegten Linie, und schraubt diese beiden Schrauben, die eine hebend, die andere senkend so lange, bis die Blase der Libelle in der Mitte steht. Nun dreht man das Instrument um 180° um die Axe *AF*, so dass das Ende der Libelle, das früher gegen *B* stand, nun gegen *C* kömmt und umgekehrt. Ist in dieser Stellung die Blase nicht in der Mitte, so verbessert man die eine Hälfte des Fehlers mit der einen Fussschraube *B* oder *C*, die andere Hälfte mit der Schraube *H*, welche die Lage der Libelle corrigirt, bis die Blase in der Mitte steht. Durch ein nochmaliges Drehen um 180° wird man sich überzeugen, ob der Fehler weggeschaft wurde oder nicht, im letzten Falle fährt man fort, die eine Hälfte an der Fussschraube, die andere an der Libellenschraube zu verbessern. Ist in dieser Richtung wenig oder nichts mehr zu corrigiren, so dreht man das Instrument um 90°, nämlich so, dass die Richtung der Libelle auf ihre frühere senkrecht wird, und führt die Blase, blos durch die dritte Fussschraube *A*, ohne die Libellenschraube *H*, zu berühren, in die Mitte. Dann wird die Blase sehr nahe in jeder Richtung in der Mitte bleiben, und das Instrument ist nivellirt.

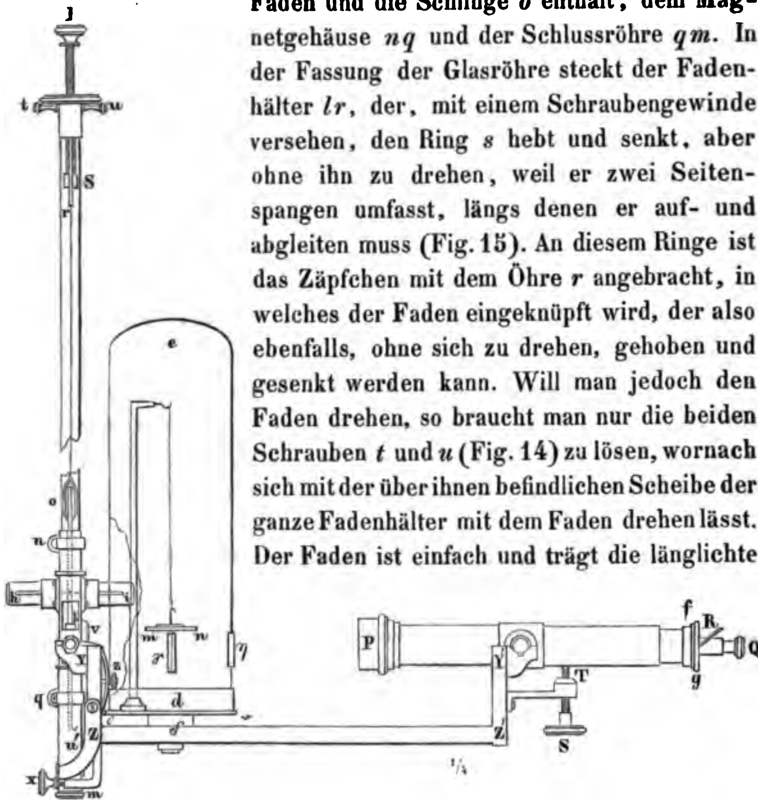


Fig. 14.

ist, nämlich der Glasröhre *ln*, welche den Faden und die Schlinge *o* enthält, dem Magnetgehäuse *nq* und der Schlussröhre *qm*. In der Fassung der Glasröhre steckt der Fadenhälter *lr*, der, mit einem Schraubengewinde versehen, den Ring *s* hebt und senkt, aber ohne ihn zu drehen, weil er zwei Seitenspangen umfasst, längs denen er auf- und abgleiten muss (Fig. 15). An diesem Ringe ist das Zäpfchen mit dem Öhre *r* angebracht, in welches der Faden eingeknüpft wird, der also ebenfalls, ohne sich zu drehen, gehoben und gesenkt werden kann. Will man jedoch den Faden drehen, so braucht man nur die beiden Schrauben *t* und *u* (Fig. 14) zu lösen, wornach sich mit der über ihnen befindlichen Scheibe der ganze Fadenhälter mit dem Faden drehen lässt. Der Faden ist einfach und trägt die länglichte Messingschlinge *o*, in welche ein rechtwinklicht gebogener Haken eingreift, der die Drehung des Fadens verhindert. Dieser Haken ist an einem federnden Ringe angebracht, welcher blos durch Reibung in dem unteren Ende der Glasröhre festhält. Er kann daher ebenfalls gedreht werden, so wie es die Richtung der Schlinge erfordert, auf deren Ebene der Haken, wenn der Faden keine Drehung hat, senkrecht stehen soll. Um den Faden von der Drehung zu befreien, hängt man die Glasröhre *lo* ohne Magnetgehäuse so auf, dass sie sich in verticaler Richtung befindet, befestigt sie in dieser Stellung und legt das Torsionsgewicht (Fig. 16) mit seinem Haken in die Schlinge *o*, dass es frei von dem Faden getragen wird. Dieser wird sich nun in seine natürliche drehungslose Stellung versetzen wollen, davon aber vom Haken in *o* gehindert. Man muss also entweder

Fig. 15.

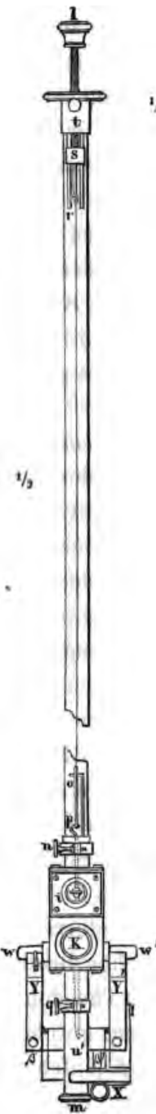
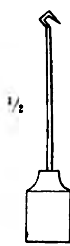


Fig. 16.



diesen herausnehmen oder so lange drehen, bis die Schlinge mit ihm nicht mehr in Berührung kömmt, sondern ihre Ebene auf ihn senkrecht ist und bleibt, oder man muss die Schrauben *t* und *u* lösen, und den Fadenträger dem Faden nachdrehen, bis diese Bedingung erfüllt ist. Dann ist der Faden im ungedrehten Zustande, und man kann bei der Beobachtung die Correction wegen Torsion vernachlässigen. Jedoch ist es gut, besonders bei neuen Fäden, sich oft durch Wiederholung dieser Operation zu überzeugen, dass sich die Drehung nicht geändert habe [1]).

Das Magnetgehäuse *nq* wird an die untere Messingfassung der Glasröhre angesteckt und durch die Schraube *n* festgeklemmt. Es enthält, in Glasröhren luftdicht eingeschlossen, welche an das Gehäuse angeschraubt sind, den Magnet *hi*, von welchem nach oben und unten zwei Arme *ip* und *iu'* (Fig. 15) ausgehen, die mit Haken endigen, um ihn mittelst der Schlinge *o* an den Faden anzuhängen. An dem einen dieser Arme ist in *k* der Spiegel befestigt, welcher durch das vor ihm befindliche Planglas *v* das aus dem Fernrohre kommende Licht auffängt und zurückwirft.

Wenn die Schlussröhre *qm* durch Lösung der Schraube *q* weggenommen worden ist, so kann man den untern Arm bei *u'* fassen und den oberen Haken *p* in die Schlinge geben, worauf die Schlussröhre wieder angesteckt, mit der Schraube *q* festgeklemmt, und der ganze Apparat mit den Zapfen *w w'* auf die Lager *YY'* gelegt wird. Nun wird der Faden so weit aufgezogen, dass der Magnet, welcher früher auf dem Boden der Glasröhren auflag, in deren Mitte zu stehen kömmt. Wenn die Röhre *lm* eine senkrechte Richtung hätte und die den Magnet umschliessenden Glasröhren in dem

[1]) Die neueren Apparate dieser Art sind mit einer Torsionsnadel versehen, durch welche die Drehung des Fadens nicht nur weggebracht, sondern der Rest derselben gemessen werden kann, wie es in (10) gezeigt wurde.

magnetischen Meridian ständen, so würde nun der Magnet sammt dem daran hängenden Spiegel frei schweben, was man aus den ungehinderten Pendelschwingungen des Fadens erkennen kann. Um die verticale Richtung der Röhre *lm* hervorzubringen, dienen die Schrauben *x* und *z*. Die erste presst das untere Ende *m* der Röhre gegen die elastische Rahme $\beta\beta$ (Fig. 15) und verrückt daher die Röhre in einer senkrecht auf die Richtung der Zapfen *ww'* gelegten Ebene. Um sie auch in einer durch diese Richtung gehenden Ebene zu verrücken, braucht man nur die Schraube *z* anzuziehen oder nachzulassen, dadurch hebt oder senkt sich ein in einem Schlitze des Zapfenlagers *Y* eingesetztes (in den Figuren 14 und 15 über *Y* sichtbares) Plättchen, wodurch der darauf ruhende Zapfen *w* gleichfalls höher oder tiefer gelegt wird.

Ist es gelungen, durch diese Bewegungen die Röhre *lm* senkrecht zu stellen, so wird zwar der Spiegel frei sein, aber der Magnet wird, so lange die ihn umschliessenden Glasröhren nicht in der Richtung des magnetischen Meridians stehen, die Seiten derselben berühren; durch Drehung des Gestelles *YZY'Z'* kann jedoch den Röhren leicht diese Richtung gegeben werden, und der Magnet wird dann ebenfalls frei schweben und nur noch Pendelschwingungen, so wie die gewöhnlichen horizontalen Schwingungen um den Faden als verticale Drehungsaxe machen. Die ersten thun der Genauigkeit der Beobachtungen keinen Eintrag, weil bei denselben die Richtung der Spiegelebene sich immer parallel bleibt, auch nehmen sie schnell ab. Die letztern können auf die gewöhnliche Weise durch ein Stück Eisen oder einen ganz kleinen Magnet, z. B. durch den Schlüssel einer Taschenuhr beruhigt werden.

Bei einem zweiten, ursprünglich für die Bereisung der österreichischen Monarchie bestimmten und jetzt zu den monatlichen Bestimmungen der magnetischen Elemente in Wien verwendeten Theodoliten ist die Fadenröhre von Messing, und die Hebung des Fadens geschieht durch die Schraube *AB* (Fig. 17 *a* und *b*), während das Knöpfchen *C* dient, den Faden zu drehen. Statt des Hakens geht ein Stift durch die Schlinge *o*, der in der Röhre eingeschraubt ist. Die Röhre ist durch das Gestelle *DE*, das an der einen Seite ein kreisrundes Loch *P* zur Durchsicht auf den Spiegel hat, mit der viereckigen Platte *FG* verbunden, welche durch zwei Schrauben *KK'* auf dem horizontalen Kreise *abc* (Fig. 13) des Theodoliten angeschraubt wird. An der unteren

Fläche dieser Platte ist eine nach unten gekrümmte Feder *HH'* angebracht, welche dient, der Fadenröhre die senkrechte Richtung zu geben. Denn da das eine dem Fernrohre zugekehrte Ende *H* dieser Feder durch den hervorstehenden Kopf der Schraube, mit der sie an die Platte befestigt ist, diese Seite der Platte in demselben Abstande von der Ebene des Horizontalkreises erhält, während die andere Seite durch das gleichmässige Anziehen beider Schrauben *KK'* dieser Ebene genähert wird, so kann dadurch eine Bewegung der Röhre gegen das Fernrohr hin oder davon weg hervorgebracht werden, während durch das Anziehen oder Nachlassen einer Schraube allein eine Bewegung in senkrechter Richtung gegen die frühere vor sich geht. Der Magnetstab ist ein doppelter, und hat die Form Fig. 18, *S* ist der Spiegel, das Fernrohr steht daher senkrecht auf

Fig. 17. a)

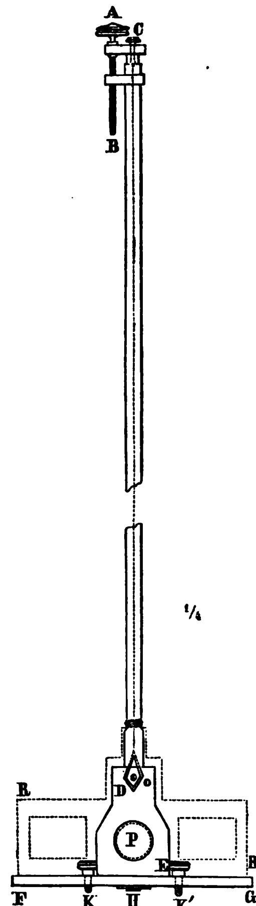
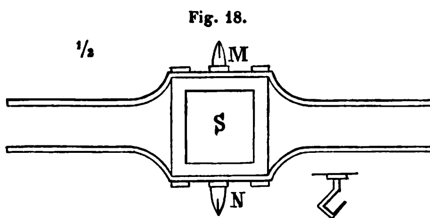
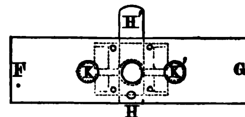


Fig. 18.



die magnetische Axe. Beim Umlegen wird der Haken *M*, der nebenstehend in der Seitenansicht gezeichnet ist, aus der Schlinge heraus genommen, und der entgegengesetzte *N* eingehängt. Der mit dem Planglase in *P* versehene Deckel *RR'* wird über das Gestell *DE* auf die Platte *FG* aufgesetzt und schützt die Nadel vor Luftströmungen.

Fig. 17. b)



Es kömmt nun darauf an, das Fernrohr so zu stellen, dass seine optische Axe senkrecht auf die Ebene des Spiegels wird. Dies geschieht durch die Schraube *S T* (Fig. 13), welche dasselbe auf- und abwärts verrückt. Hat das Fernrohr seine gehörige Stellung, so wirft der

Spiegel k das durch den Spiegel R erlangte Licht wieder in das Fernrohr zurück, und ein Theil desselben dringt durch das Ocular Q. Das Auge in Q sieht in diesem Falle die in der Platte fg eingeschnittene halbkreisförmige Öffnung, in welcher auch der Faden gespannt ist, als eine helle Scheibe im Gesichtsfelde des Fernrohres, auf deren Mitte sich das Spiegelbild des Fadens befindet, wobei man jedoch wohl darauf zu achten hat, dass, während man das Auge zu dem Oculare in Q hält, man nicht den Spiegel R etwa mit dem Schirm der Kappe oder durch die vorstehenden Haare verdecke, und das von oben kommende Licht verhindere, auf ihn zu fallen. Hat das Fernrohr seine gehörige Stellung, und ist der Magnet ruhig, so wird auch die beleuchtete Scheibe mit dem Fadenbilde im Gesichtsfelde ruhig sein, und man kann, nachdem die Klemmschraube des Horizontalkreises F (Fig. 13) angezogen worden ist, mit der Mikrometerschraube E das Fernrohr so bewegen, dass das Fadenbild von dem wirklichen Faden genau gedeckt wird. Ist dies geschehen, so bemerkt man sogleich die Uhrzeit und liest die beiden Nonien des Kreises ab, um die Lage des Fernrohres anzumerken. Gewöhnlich ist aber der Magnet noch nicht so ruhig, dass man sogleich zur Einstellung des Fadens auf sein Spiegelbild schreiten könne, sondern er macht noch grosse horizontale Schwingungen, welche bewirken, dass die beleuchtete Scheibe zu beiden Seiten aus dem Gesichtsfelde heraustritt. Durch Beruhigung mit dem kleinen Eisen, während man das Auge vor das Ocular hält, kann man die Schwingungen so verkleinern, dass das Spiegelbild im Gesichtsfelde bleibt und das Fadenbild sich nach links und rechts nur wenig vom Faden entfernt. Wenn diese Entfernungen zu beiden Seiten gleich sind, so ist das Fernrohr auf dem Spiegel senkrecht, und man kann, auch ohne dass der Magnet vollkommen beruhigt ist, die Nonien ablesen.

Da auf den Spiegel k auch ausser dem von R kommenden Lichte vieles Seitenlicht einfällt, so verhindert dies die Deutlichkeit des Spiegelbildes, und erschwert besonders den Anfängern der Beobachtungen, die überhaupt mancherlei Schwierigkeit mit Geduld zu überwinden haben, selbes zu erkennen, vorzüglich wenn der Magnet noch in Bewegung ist und das Bild mit grosser Schnelligkeit durch das Gesichtsfeld eilt. Dazu kömmt noch, dass auch das vor dem Spiegel befindliche Planglas v ein Spiegelbild, wenn gleich ein viel schwächeres, bildet, das manchen Irrthum hervorbringt,

jedoch bei einiger Übung durch seine Unbeweglichkeit leicht erkannt wird. Das Seitenlicht kann, wenn man es für nöthig hält, durch eine vom Objective *P* bis zum Planglase *v* reichende Röhre von leichter Pappe abgehalten werden.

Hat man den Faden auf sein Spiegelbild eingestellt, und die Nonien abgelesen, so wäre dadurch schon die Richtung des Magnetes, somit die Declination bestimmt, wenn die Ebene des Spiegels senkrecht wäre auf die magnetische Axe des Stabes. Um sich von dieser Bedingung unabhängig zu machen, legt man den Magnet sammt dem Gehäuse um. Nachdem man ihn zu diesem Zwecke mit der Schraube *l* so weit herabgesenkt hat, dass er auf den Glasröhren aufliegt, löst man zuerst die Schraube *x* und nimmt den ganzen Apparat aus seinen Lagern, ihn immer in senkrechter Richtung haltend, weil sonst die lange Glasröhre leicht bricht, löst die Schraube *q* und entfernt die Schlussröhre *qm*. Nun ergreift man den untern Haken *u'* und hebt den oberen Hacken *p* aus der Schlinge, worauf man durch Lösung der Schraube *n* die Glasröhre aus dem Magnetgehäuse herausziehen, dieses umwenden, so dass *q* nach oben zu stehen kommt und die Glasröhre bei *q* wieder hineinstecken kann. Das weitere Verfahren ist nun wie früher, bis man auch mit dem so umgelegten Magneten den Faden des Fernrohres zur Deckung mit seinem Spiegelbilde gebracht und nach Anmerkung der Zeit die Nonien des Kreises abgelesen hat. Das Mittel beider Ablesungen gibt die der magnetischen Axe des Stabes parallele Richtung des Fernrohres an. Zur grössern Sicherheit kann man den Magnet nach einander zweimal umlegen und das Mittel aus allen Ablesungen nehmen. Hat man diese Messung beendet, so nimmt man den Declinationsapparat *lm* weg, stellt das Fernrohr durch Drehung des Gestelles *YZZ'Y'* auf die Mire ein, und liest die Nonien des Kreises wieder ab. Es ist gut, die Einstellung auf die Mire zweimal, einmal vor, das andere Mal nach der Aufstellung des Declinationsapparates vorzunehmen, um sich zu überzeugen, dass sich der Theodolit während der Messungen nicht verrückt habe.

14. Beispiele der Declinationsbestimmung.

I. Am 13. Juli 1849 wurde in Prag mit einem Reisemagnetometer nach Gauss und Weber folgende Declinationsbestimmung gemacht.

Die Entfernung des Spiegels von der Scale wurde gefunden = 1471 Millimeter, daher der Werth eines Scalentheiles = $\frac{206264 \cdot 8}{2942}$ = 70'112, und *log. W* = 1·84579.

Um die Torsion des Fadens klein zu machen, wurde abwechselnd der Torsions- und der Magnetstab angehängt und der Faden so gedreht, dass beide nahe denselben Scalentheil zeigten. Hierauf wurden die Schwingungsgrenzen (Elongationen), d. h. die grössten und kleinsten Zahlen beobachtet, welche von dem Spiegel des schwingenden Torsionsstabes unter den Verticalfaden des Fernrohres kamen. Diese Beobachtung wurde mehrmals wiederholt, zuerst mit dem ungedrehten Faden, dann nachdem man den Faden um 360° in der einen Richtung gedreht hatte, sodann bei einer Drehung des Fadens um 360° in der entgegengesetzten Richtung u. s. f. Es wurden folgende grösste und kleinste Scalentheile angemerkt:

Ohne Drehung	Drehung +360°	Drehung —360°	Drehung +360°	Drehung —360°	Ohne Drehung
349·0	643·8	300·2	700·8	452·2	410·8
566·2	540·0	344·4	488·8	187·0	514·0
352·7	642·0	302·0	696·7	449·2	412·7
561·8	539·7	343·0	491·0	190·7	512·2
356·0	639·3	301·7	692·3	445·3	415·2

Die Mittel je zwei aufeinander folgender Zahlen derselben Spalte dieser Tafel geben den Ruhestand des Stabes, d. h. jenen Scalentheil, welcher unter dem Faden erschienen wäre, wenn der Stab keine Schwingungen gemacht hätte. Diese Stände sind aus folgender Tafel ersichtlich:

Ohne Drehung	Drehung +360°	Drehung —360°	Drehung +360°	Drehung —360°	Ohne Drehung
457·60	591·90	322·30	594·80	319·10	462·40
458·45	591·00	323·20	592·75	318·60	463·35
457·25	590·85	322·50	593·85	319·95	462·45
458·90	589·50	322·35	591·65	318·00	463·70
458·05	590·81	322·59	593·26	318·91	462·98
Mittel					

Wenn man nun die Mittel dieser Zahlen unter einander setzt und ihre Unterschiede bildet, so ist jener zwischen dem ersten und zweiten Mittel, so wie jener zwischen dem fünften und sechsten die an dem Torsionsstabe hervorgebrachte Wirkung einer Drehung des Fadens um 360°, die Unterschiede zwischen dem 2. und 3., dem 3. und 4., dem 4. und 5. Mittel sind aber die Wirkung einer Drehung von zweimal 360°, welche Unterschiede daher, um gleichfalls den Erfolg einer Drehung von 360° darzustellen, halbirt werden müssen. Die folgende Tafel enthält diese Ergebnisse.

Mittel	Unterschied	Ablenkung für d. Drehung von 360°
458·05		
590·81	132·76	132·76
322·59	266·22	133·11
593·26	270·67	135·33
318·91	274·35	137·35
462·98	134·07	134·07
	Mittel	134·52=N

Ohne Zweifel würden die Zahlen der letzten Spalte dieser Tafel eine noch grössere Uebereinstimmung gewähren, wenn gleichzeitig auch Ablesungen am Variations-Apparate gemacht worden wären, denn ihre Verschiedenheit rührt zum Theile von den Änderungen der Declination während der Dauer der Beobachtungen, zum Theile wohl auch von Änderungen der Drehkraft des Fadens, welche in der Zwischenzeit vorgegangen sein mögen, endlich auch von Störungen durch die Luftströmung und anderen Fehlerquellen her. Jedoch haben bei dieser Bestimmung Fehler von so geringem Betrage einen nur unmerklichen Einfluss.

Derselbe Versuch, mit dem Magnetstabe ausgeführt, gab folgende Zahlen:

Schwingungsgrenzen.

Ohne Drehung	Drehung + 360°	Drehung — 360°	Drehung + 360°	Ohne Drehung
476·8	499·0	414·2	472·8	468·3
477·8	536·3	455·3	562·4	484·0
477·0	502·0	417·5	479·2	469·7
477·4	533·8	453·0	555·8	483·0
476·4	504·0	420·6	484·8	471·0

Stand des Stabes.

Ohne Drehung	Drehung + 360°	Drehung — 360°	Drehung + 360°	Ohne Drehung
477·30	517·65	434·75	517·60	476·15
477·40	519·15	436·40	520·80	476·85
477·20	517·90	435·25	517·50	476·35
476·90	518·90	436·80	520·30	477·00
477·20	518·40	435·80	519·05	476·59

Mittel.

Hieraus ergeben sich folgende Zahlen:

Mittel	Unterschied	Ablenkung für d. Drehung von 360°
477·20		
518·40	41·20	41·20
435·80	82·60	41·30
519·05	83·25	41·62
476·59	42·46	42·46
	Mittel .	. 41·64 = n

Man ist nun im Stande, den Torsions-Coëfficienten nach der in (10) angegebenen Formel

$$x = \frac{n}{N - n}$$

zu berechnen. Man findet $N - n = 134{\cdot}52 - 41{\cdot}64 = 92{\cdot}88$,

und $x = \frac{41{\cdot}64}{92{\cdot}88} = 0{\cdot}4483$, $\log x = 9{\cdot}65159$.

15. Zur Declinationsbestimmung ist es auch nöthig den Spiegelfehler der beiden Magnetstäbe zu kennen. Für den Torsionsstab, an dessen Spiegel die eine Seite mit A bezeichnet werden soll, wurden zu diesem Zwecke durch Umlegen des Stabes folgende Zahlen gefunden:

A unten		A oben		A unten		A oben	
Schwingungsgrenzen	Stand	Schwingungsgrenzen	Stand	Schwingungsgrenzen	Stand	Schwingungsgrenzen	Stand
445·8		474·0		391·2		434·6	
473·2	459·50	371·0	422·50	523·5	457·35	413·0	423·80
446·3	459·75	471·8	421·40	392·2	457·85	434·4	423·70
471·7	459·00	373·0	422·40	521·6	456·90	413·1	423·75
446·4	459·05	468·4	420·70	393·0	457·30	434·0	423·55
Mittel	459·32		421·75		457·35		423·70

Man findet aus diesen Zahlen
im Mittel aus beiden Bestimmungen bei A unten = 458·33,
„ „ „ „ „ „ A oben = 422·73;
Doppelter Spiegelfehler = 35·60,
Einfacher „ = 17·80.

Es sind demnach die für den Stand des Stabes bei A unten gefundenen Zahlen um 17·80 Scalentheile zu verkleinern, die bei A oben gefundenen um eben so viel zu vergrössern.

Beim Declinationsstabe wurde der Spiegelfehler dadurch weggebracht, dass man seinen Stand in beiden Lagen aufzeichnete, und daraus das Mittel nahm. Bezeichnet nämlich N die eine Spiegelseite, so fand man

N unten		N oben		N unten		N oben	
Schwingungsgrenzen	Stand	Schwingungsgrenzen	Stand	Schwingungsgrenzen	Stand	Schwingungsgrenzen	Stand
477·7		454·8		480·7		425·0	
452·0	464·85	465·0	459·90	447·0	463·85	491·0	458·00
475·5	463·75	455·2	460·10	478·3	462·65	430·0	460·50
453·2	464·35	464·2	459·70	449·3	463·80	486·3	458·15
473·8	463·50	456·2	460·20	476·5	462·90	434·6	460·45
Mittel	464·11		459·98		463·30		459·28

16. Bei der dritten Beobachtung einer jeden Reihe wurde die Zeit des Chronometers angemerkt, welche mit dem bekannten Fehler der Uhr in mittlere Prager Zeit verwandelt wurde. Diese Zeiten dienten dazu, um aus den fortgesetzten Ablesungen am Variations-Apparate der Sternwarte die in der Zwischenzeit eingetretenen Änderungen der Declination zu erkennen. Die folgende Tafel gibt diese Uhrzeiten, den Uhrfehler, die mittleren Zeiten und den gleichzeitigen Stand des Magnetstabes am Variations-Apparate in dessen Scalentheilen ausgedrückt.

Uhrzeit	Uhrfehler	Mittlere Prager Zeit	Variations-Apparat.
23^h 57′ 53″	+ 3′ 40″	0^h 1′ 33″	111·00
0 0 58	3 40	4 38	110·80
0 6 7	3 40	9 47	110·58
0 9 12	3 40	12 52	111·05

Die Zahlen der letzten Spalte zeigen, dass die Declinations-Änderungen während dieser Bestimmung sehr gering waren, wie sich wohl erwarten liess, da sie zu einer Zeit, nämlich am Mittage ausgeführt wurde, wo die Declination ihrem täglichen Maximum schon nahe ist. Bei der grossen Entfernung zwischen beiden Apparaten, und den ganz verschiedenen Umständen, unter denen sie gebraucht und behandelt werden, lässt sich kaum annehmen, dass diese kleinen Änderungen sich gleichmässig an beiden darstellten, und man würde vielleicht der Wahrheit eben so nahe kommen, wenn man sie ausser Acht lassen wollte. Um indessen das Beispiel mit jener Schärfe durchzuführen, welche die vorhandenen Beobachtungsmittel gestatten, soll ihre Anwendung gezeigt werden. Hierzu müssen sie zuerst auf den Werth eines Scalentheiles am Magnetometer zurückgeführt werden. Da dieser Werth für den Variations-Apparat $W = 29''026$, für das Magnetometer aber $W' = 70''112$ ist, so sind diese Änderungen, bevor man sie an die Magnetometer-Beobachtungen anbringt, mit $\frac{29 \cdot 026}{70 \cdot 112} = 0 \cdot 414$ zu multipliciren. Will man alle Ablesungen auf die erste Beobachtungszeit $0^h\ 15'$ zurückführen, so werden die Correctionen

$$(-0 \cdot 20)\ (0 \cdot 414) = -0 \cdot 08$$
$$(-0 \cdot 42)\ (0 \cdot 414) = -0 \cdot 17$$
$$(+0 \cdot 05)\ (0 \cdot 414) = +0 \cdot 02$$

Hinsichtlich der Zeichen muss bemerkt werden, dass am Variations-Apparate die Zahlen bei wachsender Declination abnehmen, am Magnetometer zunehmen, dass also die Declination zur Zeit der zweiten Beobachtung grösser war, als bei der ersten, daher von ihr die Correction abgezogen werden muss u. s. f.

Es sind demnach die Mittel des Standes des Magnetstabes aus den vier Beobachtungsreihen, auf die Zeit der ersten Reihe reducirt, folgende:

Mittel	Reduction	Reducirtes Mittel
464·11	—	464·11
459·98	— 0·08	459·90
463·30	— 0·17	463·13
459·28	+ 0·02	459·30
	Mittel	461·61 = D

17. Um nun auch die Correction wegen der Drehkraft des Fadens anbringen zu können, wurde vor und nach dieser Beobachtung der Torsionsstab eingehängt, und gab folgende Zahlen an:

Vorher		Nachher	
Schwingungs-Grenzen	Stand	Schwingungs-Grenzen	Stand
391·2 523·5 392·2 521·6 393·0	457·35 457·85 456·90 457·30	413·3 511·0 414·5 509·0 416·2	462·15 462·75 461·75 462·60
Mittel	457·35		462·31

Es ist daher der Stand anzunehmen = 459·83, und da in beiden Bestimmungen der Stab dieselbe Lage, nämlich *A* unten hatte, so ist (nach 15) diese Zahl um 17·80 Scalentheile zu verkleinern, wodurch sie wird

$$T = 442{\cdot}03$$

Es war aber . . . $D = 461{\cdot}61$

$$D - T = +19{\cdot}58$$

und die Correction wegen der Drehkraft des Fadens wird (nach 10)

$$x\,(D - T)$$

wo (nach 14) . . . $x = 0{\cdot}4483$,

sonach wird die Torsions-Correction

$$= (0{\cdot}4483)\,(19{\cdot}58) = +\,8{\cdot}78$$

und der corrigirte Stand des Declinationstabes

$$461{\cdot}61 + 8{\cdot}78 = 470{\cdot}39.$$

18. Um den Winkel δ (nach 8 und 11) zu bestimmen, welchen die optische Axe des Fernrohres mit der magnetischen Axe des Stabes machte, wurde an dem Objective ein durch dessen Mitte gehender Senkel angebracht, welcher die Scale bei der Theilung 500·00 traf, so dass

$$500{\cdot}00 - 470{\cdot}39 = 29{\cdot}61$$

der in Scalentheilen gemessene Abstand der beiden Axen war. Da nach (14) der Werth eines Scalentheiles 70"112 ist, so geben 29·61 Scalentheile den Bogen

$$(29{\cdot}61)\,(70''112) = 34'\,36'' = \delta.$$

19. Um auch die beiden andern Winkel α und β (nach 11) zu finden, wurde früher durch Sonnenbeobachtungen die Lage eines festen und entfernten Punctes M im Horizonte ermittelt, und sein Winkelabstand von der durch die Mitte C (Fig. 11) des Fernrohrs gelegten Mittagslinie, also der Winkel sCM (sein östliches Azimuth) zu

$$51^\circ\ 34'\ 25''$$

bestimmt, woraus sich der Winkel

$$nCM = \alpha = 180^\circ - (51^\circ\ 34'\ 25'') = 128^\circ\ 25'\ 35''$$

ergibt. Der Winkel $\beta = SCM$ aber wurde gefunden, indem die Nonien des Horizontalkreises des Theodoliten abgelesen wurden, sowohl wenn das Fernrohr auf den Spiegel nach S eingestellt war, als auch nachdem man den Punkt M unter das Fadenkreuz gebracht hatte. Der Theodolit gab

bei der ersten Einstellung	313°	55′	30″
bei der zweiten „	170	5	30
Daraus folgt . . . . . . $\beta =$	143°	50′	0″
$\alpha =$	128	25	35
$\gamma =$	15°	24′	25″

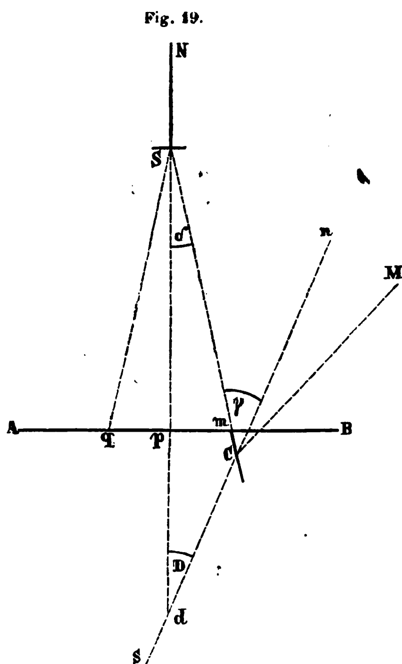


Fig. 19.

20. Es frägt sich nun, mit welchem Zeichen der Winkel δ anzubringen sei. Dies hängt offenbar von der Aufstellung des Apparates ab, nämlich ob das Fernrohr und die Scala südlich oder nördlich von dem Magnetstabe steht, und ob die Zahlen der Scale nach Osten oder nach Westen hin wachsen. Bei der hier als Beispiel gewählten Beobachtung war die Aufstellung des Apparates, so wie sie Fig. 11 zeigt, nur mit dem Unterschiede, dass das Fernrohr östlich vom magnetischen Meridiane Sp, also zwischen p und B aufgestellt war. Dies gibt, wie man aus Fig. 19 sieht,

$$Sdn = SCn - mSp$$
$$\text{oder } D = \gamma - \delta.$$

Daher wird die Declination

$$D = 15^\circ\, 24'\, 25'' - 34'\, 36'' = 14^\circ\, 49'\, 49''.$$

II. Am 2. Mai 1849 wurde in Prag die Declination mit einem magnetischen Theodoliten von Lamont bestimmt, dessen Beschreibung in 12 und 13, dessen Abbildung in Fig. 12 bis 25 gegeben ist.

21. Da bei diesem Instrumente, wenn es eingestellt ist, und man den Spiegelfehler berücksichtigt, die optische Axe des Fernrohres immer mit der magnetischen Axe des Stabes zusammenfällt, so ist $\delta = 0$, und die Declination

$$D = \gamma = \beta - \alpha \text{ (nach 11)}.$$

Bei diesem Apparate ist kein Torsionsstab vorhanden, um die Drehung des Fadens zu messen, sondern nur ein Torsionsgewicht, durch welches man, wenn es eingehängt wird, diese Drehkraft möglichst vermindert; und da der Magnetstab klein, nämlich nur $2^1/_2$ Zoll lang, 2 Linien breit und 1 Linie dick und an einem mehr als zwei Fuss langen einfachen Seidenfaden aufgehängt ist, so ist seine übrigbleibende Drehkraft so klein, dass man sie vernachlässigen kann. Dadurch wird die Declinationsbestimmung sehr vereinfacht, wie man aus dem folgenden Beispiele ersehen wird.

22. Der Magnetstab wurde zuerst so eingehängt, dass der Spiegel über ihm war, und dann gab, wenn der Faden und das Spiegelbild desselben (nach 13) zusammenfielen, der Kreis des Theodoliten die Ablesung

346° 52'25.

Wurde nun der Stab in verkehrter Lage, nämlich so eingehängt, dass sich der Spiegel unter ihm befand, und der Faden wieder auf sein Spiegelbild eingestellt, so war die Ablesung

346° 2'0.

Eine wiederholte Ablesung bei der ersten Lage gab	346° 52'25
und bei der zweiten Lage	346 2·25
Man hat daher im Mittel bei der ersten Lage .	346° 52'25
„ „ zweiten „ .	346 2.12
Es lag demnach die Theilung des Kreises bei	346° 27'18

in der Richtung der magnetischen Axe des Stabes.

Vor dieser Beobachtung und nach derselben wurde das Fernrohr auf die Mire (M) eingestellt und jedesmal die Kreistheilung

203° 13'50

abgelesen. Eine solche wiederholte Einstellung auf die Mire zu Anfang und zu Ende der Beobachtung ist räthlich, weil man sich durch die Übereinstimmung beider Lesungen überzeugt, dass das Instrument sich in der Zwischenzeit nicht verrückt hat. Man hat daher den Winkel

β = 346° 27'18 — 203° 13'50 = 143° 13'68
und wie früher (19) α = ... 128 25·58
daher die Declination = 14° 48'10

welche Bestimmung zur mittleren Prager Zeit 0^h 12′ ausgeführt wurde.

III. Ein zweiter Theodolit von Lamont, welcher zur Bereisung der österreichischen Monarchie angeschafft wurde, hat in manchen Theilen eine etwas verschiedene Einrichtung, welche bereits in (13) besprochen worden ist.

23. Da die Magnetstäbe schwerer, daher auch an einem stärkeren (doppelten) Faden aufgehängt sind, so darf die Drehkraft desselben nicht mehr vernachlässigt werden, sondern ist nach dem früher (in 10) angegebenen Verfahren zu untersuchen. Am 22. Juni 1849 wurde mit diesem Instrumente folgende Torsionsbestimmung ausgeführt, während welcher am Variations-Apparate gleichzeitig die Änderung der Declination beobachtet wurde.

Magnetstab			Torsionsstab		
Drehung	Ablesungen		Drehung	Ablesungen	
	am Theodoliten	am Variations-Apparate		am Theodoliten	am Variations-Apparate
+360°	101° 34'0	131·85	0°	97° 35'5	129·03
—360	101 18·5	131·50	+360	106 53·5	128·62
+360	101 35·5	131·21	—360	87 34·25	127·58
—360	101 17·5	131·06	+360	107 11·25	125·70
0	101 26·5	130·90	—360	87 43·8	125·70

Will man mittelst der Beobachtungen am Variations-Apparate alle Ablesungen für den Magnetstab auf die Zeit der letzten zurück-

führen, so sind nach der dritten Spalte der letzten Tafel die Declinationsänderungen in Scalentheilen

0·95 , 0·60 , 0·31 , 0·16.

oder, da ein Scalentheil = 29"026 = 0'484 ist,

in Minuten . . 0'46 , 0'29 , 0'14 , 0'08

und da die Zahlen am Variations-Apparate kleiner werden, so hat die Declination zugenommen.

Ebenso sind sie für den Torsionsstab

in Scalentheilen 3·33 , 2·92 , 1·88 . 0·00

oder in Minuten 1'61 , 1'41 , 0'91 , 0'00

Es sind demnach die corrigirten Stände der Stäbe folgende:

Magnetstab			Torsionsstab		
Drehung	Stand	Differenz	Drehung	Stand	Differenz
+360°	101° 34'46		0°	97° 37'11	
		15'67			9°17'80
—360	101 18·79		+360	106 54·91	
		16·85			19 19·75
+360	101 35·64		—360	87 35·16	
		18·06			19 36·09
—360	101 17·58		+360	107 11·25	
		8·92			19 27·45
0	101 26·50		—360	87 43·80	

Es sind daher die Änderungen im Stande der Stäbe für eine Drehung von 360°

für den Magnetstab,	für den Torsionsstab.
7'84	9° 17'80
8·43	9 39·88
9·03	9 48·04
8·02	9 43·72
n = 8·55	N = 9 37·36

also $N - n$ = 9° 28'81 = 9°48.

Es wird demnach der Torsions-Coëfficient

$$x = \frac{8·55}{9·48} = 0·902$$

mit welchem der in Graden ausgedrückte Unterschied zwischen dem Stande des Magnet- und des Torsionsstabes zu multipliciren ist, um die Torsions-Correction in Minuten zu erhalten.

24. Der Magnetstab wurde wie im vorigen Beispiele zweimal in jeder Lage eingehängt und gab folgende Ablesungen, denen auch die mittleren Zeiten und die Aufzeichnungen am Variations-Apparate, sowie die Ablesungen des Kreises, wenn das Fernrohr auf die Mire eingestellt war, beigesetzt sind.

Mittlere Prager Zeit	Lage des Stabes	Ablesung	Variations-Apparat	Mire
0^h 5'	1. Lage	191°34'25	117·58	138°30'25
0 8	2. „	191 42·00	116·28	
0 11	1. „	191 35·00	115·98	
0 15	2. „	191 42·00	116·27	138 30·00

Führt man die Beobachtungen auf die letzte Ablesung zurück, so sind an die vorhergehenden drei nach der Ordnung folgende Verbesserungen anzubringen:

In Scalentheilen des Variations-Apparates +1·31 , +0·01 , — 0·29
oder in Minuten . . . . +0'63 , 0'00 , — 0'14

Es werden daher diese Ablesungen

191° 34'88
191 42·00
191 34·86
191 42·00

Mittel 191° 38'44

Da aber bei diesem Apparate der Spiegel nicht wie bei den beiden vorigen senkrecht auf die Längenaxe des Magnetstabes, sondern mit ihr parallel angebracht ist, daher das Fernrohr senkrecht auf diese Längenaxe steht, so ist die in der Richtung des magnetischen Meridians liegende Kreistheilung

$$90° + 191° 38'44 = 281° 38'44 = D$$

welche Zahl noch durch die Torsion zu corrigiren ist.

25. Um diese Correction anzubringen, wurde der Torsionsstab eingehängt, und nach der Einstellung die Theilung des Kreises 90° + 189° 40'5 abgelesen; auch wurde gefunden der Spiegelfehler — 52·4

somit T . . . . . . = 278°48'1
oder = 278°80. Es war aber
D . . . . = 281·64

$D - T = +2·84$; und da nach (23)
$x =$ 0·902 ist, so wird die gesuchte
Correction . . $x(D-T) = +2'56$.

Hiemit wird die Lage des magnetischen Meridians

		281°	41'00;
die Einstellung auf die Mire gab		138	30·12
Demnach ist	β =	143°	10'88
und wie früher	α =	128	25·58
Daher die Declination . .	=	14°	45'30

am 22. Juni 1849 um 0^h 15' mittlere Prager Zeit.

II. Horizontale Intensität.

26. Allgemeines Verfahren zur Auffindung der horizontalen Intensität.

Da noch kein Apparat ersonnen worden ist, mittelst welchem man die Intensität der magnetischen Erdkraft unmittelbar mit hinreichender Schärfe und Sicherheit messen könnte, so muss man diesen Zweck durch einen Umweg zu erreichen suchen. Man bestimmt nämlich entweder die Grösse der beiden Componenten, der verticalen und horizontalen, deren Verhältniss den Winkel gibt, welchen die Richtung der Kraft mit dem Horizonte macht, oder, was mehr gebräuchlich ist, man sucht nur die Grösse der horizontalen Componente, und die Inclination, d. i. den Winkel, den die Richtung der Kraft mit dem Horizonte macht, so gibt die Division der für die Horizontalkraft gefundenen Zahl durch den Cosinus der Inclination die Grösse oder Intensität der Gesammtkraft.

Zur Auffindung der Intensität der horizontalen Componente oder, wie man kürzer zu sagen pflegt, der horizontalen Intensität dient das Magnetometer von Gauss und der magnetische Theodolit von Lamont, wenn man an beide die für diesen Zweck erforderlichen Vorrichtungen anbringt. Es erfordert nämlich diese Bestimmung zwei Messungen verschiedener Art, weil die Wirkung der erdmagnetischen Kraft auf einen Magnetstab von zwei Ursachen abhängt, von dem Magnetismus der Erde und von dem Magnetismus des Stabes. Will man also jenen Theil der Wirkung erforschen, der unabhängig vom Stabmagnetismus, blos in der erdmagnetischen Kraft seinen Grund hat, und als reiner Ausdruck dieser Kraft anzusehen ist, so muss man den andern aus dem Stabmagnetismus fliessenden Theil davon trennen. Dies geschieht, wie gesagt, durch zwei Messungen, von denen die eine den Winkel kennen lehrt, um welchen ein

Magnetstab *A* von einer genau bestimmten Entfernung aus einen in horizontaler Richtung frei schwebenden Stab *B* von seiner natürlichen, d. i. von der magnetischen Erdkraft ihm angewiesenen Lage ablenkt, die zweite aber die Zeit angibt, welche derselbe Magnetstab *A*, wenn er in seinem Schwerpunkte aufgehängt wird, und in horizontaler Richtung frei schwingen kann, braucht, um eine unendlich kleine Horizontalschwingung zu vollenden, vorausgesetzt, dass er sie nur unter dem Einfluss der magnetischen Erdkraft vollbringt. Aus der ersten Messung ergibt sich das Verhältniss des Erdmagnetismus *T* zum Stabmagnetismus *M*, also der Quotient $\frac{M}{T}$, aus der zweiten Messung aber das Product dieser beiden Grössen oder MT, so dass aus diesen beiden Ergebnissen die Grösse *T* unabhängig von *M* leicht gefunden werden kann.

Es würde zu weit führen, wenn man hier die Herleitung der erwähnten Grössen aus den vollbrachten Messungen auf dem Wege der Theorie geben wollte; jene, welche sie genauer zu kennen wünschen, finden sie in

Gauss: Intensitas vis magneticae ad mensuram absolutam revocata. Göttingæ 1833. 4°.

Lamont: Bestimmung der Horizontal-Intensität des Erdmagnetismus nach absolutem Maasse. München 1843. 4°.

Lamont: Handbuch des Erdmagnetismus. Berlin 1849. 8°.

Hier handelt es sich nur darum, die Vorschriften kennen zu lernen, nach welchen die zur Erreichung des vorgesetzten Zweckes erforderlichen Operationen mit grösster Sicherheit und geringstem Zeitaufwande ausgeführt werden sollen. Da das Verfahren, wenngleich seiner Wesenheit nach dasselbe, doch in einigen Einzelnheiten verschieden ist, je nachdem man sich der Apparate von Gauss oder von Lamont bedient, so soll hier jedes derselben für sich besprochen werden.

27. Intensitätsbestimmung mit dem Magnetometer.

Bei dem Magnetometer von Gauss muss die Schwingungsdauer des Magnetstabes *A* zweimal bestimmt werden, das eine Mal, wenn er frei, das andere Mal, wenn er unter Belastung schwingt. Die Belastung wird angebracht mittelst der hölzernen Querstange *FE* (Fig. 5), die unter dem Torsionskreise auf die Mitte des Stabes

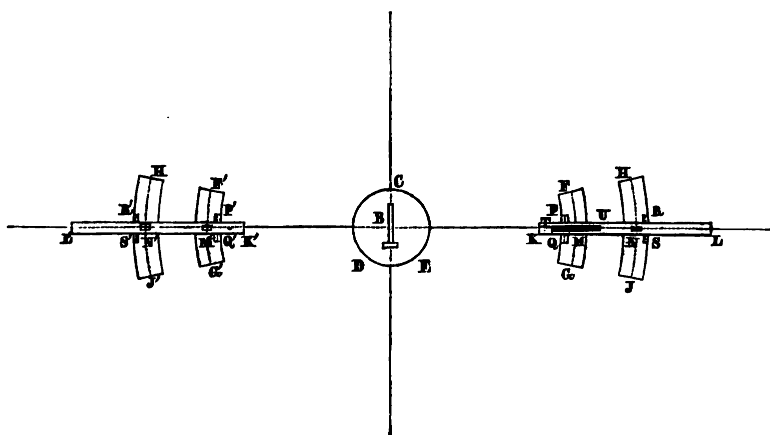
aufgelegt wird, und mit scharfen Spitzen *G*, *G* versehen ist, welche in verschiedenen Entfernungen von dem Stabe in die an der Querstange eingeschnittenen Vertiefungen eingesetzt werden. Die Entfernung der Spitzen von der Mitte muss möglichst genau gemessen sein. Auf diese Spitzen werden, wie die Figur zeigt, die genau abgewogenen Gewichte *H* gestellt und die Schwingungsdauer des so belasteten Stabes wieder untersucht. Diese Untersuchung dient, das Trägheitsmoment des Stabes sammt Zubehör, nämlich Schiffchen und Spiegel, von welchem die Schwingungsdauer abhängig ist, zu ermitteln, und um dies mit grösserer Schärfe thun zu können, kann man die Gewichte an mehr als zwei Paar Punkten anhängen, für jedes derselben die Schwingungsdauer suchen, und daraus das wahrscheinlichste Resultat berechnen.

Hat man diese vorläufigen Bestimmungen, nämlich das Abwägen der Gewichte, das Abmessen der Entfernung der Spitzen, so wie jener der Scale von dem Spiegel (nach 8) mit gehöriger Schärfe vollbracht, so kann man zur Feststellung der Punkte schreiten, in welchen der Stab *A* aufzulegen ist und von wo aus er die Ablenkung des Stabes *B* hervorbringen soll.

Der Magnetstab *A* muss in derselben Horizontalebene liegen, in welcher *B* seine Schwingungen vollbringt, daher muss die Höhe dieser Punkte demgemäss bestimmt werden. Er muss ferner gegen den Meridian in eine bestimmte Lage gebracht werden, entweder so dass seine Mitte in diesem Meridiane selbst oder in einer darauf senkrechten und durch die Mitte des Stabes *B* gehenden Linie liegt. Seine Längenaxe muss jedenfalls auf den magnetischen Meridian senkrecht sein. Die zweite Lage ist vortheilhafter, weil in dieser Lage die Ablenkung grösser wird, als die bei derselben Entfernung beider Stäbe in irgend einer anderen Lage hervorgebrachte. Sollten aber örtliche Verhältnisse diese Lage des Ablenkungsstabes nicht gestatten, so muss man die erste wählen. Es ist gut, auf dem Boden des Beobachtungssaales den magnetischen Meridian zu verzeichnen und durch den Punkt desselben, welcher senkrecht unter der Aufhängung des Stabes *B* liegt, eine lothrechte Linie darauf zu ziehen. Diese Linie wird die Punkte enthalten, über welchen in senkrechter Richtung die Mitte des Ablenkungsstabes *A* zu liegen hat, wenn die vortheilhafteste Lage desselben gewählt worden ist. Die Flächen, welche dem Stabe als Unterlagen dienen, können entweder auf

festen Pfeilern oder nur auf zeitweiligen Stützpunkten angebracht werden. Im ersten Falle müssen sie die nöthige Ausdehnung haben, damit die mit den Jahren fortschreitende Verrückung des magnetischen Meridians gehörig berücksichtigt werden könne. Gibt man ihnen z. B. die in Fig. 20 angedeutete Form, wo *B* der Aufhängepunkt des im Kasten *CDE* befindlichen Stabes *B* des Magnetometers

Fig. 20.



bedeutet, und *FG*, *HI*, *F'G'*, *H'I'* die Flächen sind, auf welche der Ablenkungsstab zu liegen kömmt, so kann man die durch die Mitte dieser Flächen gezogenen Kreisbögen *FG*, *HI* . . ., deren Mittelpunkt *B* ist, mit einer Theilung versehen, welche der Scale entspricht, so dass, wenn man einmal den Punkt der Scale gefunden hat, welcher im magnetischen Meridiane liegt, dadurch auch auf *FG* und *HI* die Punkte gegeben sind, welche in der durch *B* gehenden Senkrechten *BL* liegen.

Über diese Punkte legt man die Stangen *KL* und *K'L'*, welche in *M* und *N*, *M'* und *N'* Löcher haben, deren schiefe Ränder mit Theilungen versehen sind, mittelst welcher man ihnen die genaue Lage sowohl in der Richtung von Süd nach Nord, als von Ost nach West geben kann. Ist dies geschehen, so werden sie mit Schrauben in *P*, *Q*, *R*, *S*, und *P'*, *Q'*, *R'*, *S'*, die in länglichte Löcher eingreifen, befestigt, damit sie sich während des Versuches nicht verrücken. Die Stangen sind mit einer ihrer Länge nach eingeschnittenen Rinne von der Breite des inneliegenden Stabes *TU* zu versehen, deren Ränder ebenfalls mit Theilungen bezeichnet werden, um den

Stab in die genaue Entfernung von *B* zu legen, welche Theilungen ihren Nullpunkt in *B* haben. Nach der Aufstellung der Stangen wird man zuerst einen vorläufigen Versuch machen, um zu sehen, zu welcher Theilung die Endpunkte des Stabes gelegt werden müssen, um dieselbe Ablenkung in *B* hervorzubringen, er mag östlich oder westlich von *B* liegen. Diese Bedingung, welche bis auf wenige Scalentheile genau erfüllt werden muss, erfordert für jeden Stab, selbst wenn ihre Dimensionen gleich und sie in dieselbe Entfernung von *B* zu legen sind, eine eigene Untersuchung, weil die magnetischen Pole verschiedener Stäbe gegen ihren Mittelpunkt und ihre Längenaxe nicht dieselbe relative Lage haben und die Ablenkung von der Lage der magnetischen Axe und ihrer Pole abhängt.

Die Pfeiler *FG, HI, F'G'* und *H'I'* können sich auch ausserhalb des magnetischen Observatoriums befinden, jedoch ist es gut, wenn dasselbe zwischen ihnen und dem Magnetometer in *B* Fenster- oder Thüröffnungen hat, um bequem zu ihnen zu gelangen und die nöthigen Messungen zu veranstalten.

In Göttingen, wo die Örtlichkeit eine Aufstellung der Pfeiler in der auf den Meridian senkrechten Richtung nicht gestattet, werden Messstangen parallel mit dem Meridian gelegt, wie sie in Fig. 9 und 10 dargestellt sind, welche eine senkrecht darauf gestellte Querstange mit einem Kästchen tragen, in welches der Ablenkungsstab eingelegt wird. Die Messstangen sind getheilt, und die Querstange wird mit dem senkrecht auf den Meridian gerichteten Magnetstabe auf diejenige Theilung gestellt, die der bestimmten Entfernung zwischen beiden Stäben entspricht.

28. Torsion.

Um die Torsion des Fadens in Rechnung zu bringen, muss man das Verhältniss der Drehkraft des Fadens zur Magnetkraft des daran hängenden Stabes kennen. Wurde der Faden durch das Torsionsgewicht in jene Lage gebracht, wo er nur eine sehr geringe Drehung hat, wurde er dann um den Winkel *v* gedreht, und brachte diese Drehung die Ablenkung des Magnetstabes *u* hervor, so ist nach *Intens. vis magnet.* §. 8.

$$\frac{v}{u} = \frac{TM}{\Theta} + 1, \text{ oder } \frac{TM}{\Theta} = \frac{v-u}{u},$$

wo T die magnetische Kraft der Erde, M jene des Stabes, und $\Theta(v-u)$ das Moment der Drehkraft des Fadens ist. Hat man z. B. für die Drehung $v = 60^{\circ}$ die Ablenkung $u = 4' 4''7$ gefunden, so wird

$$\frac{v}{u} = \frac{216000}{244,7} = 882,7,$$

folglich

$$\frac{TM}{\Theta} = 881,7 = n.$$

Hat man auch diese Bestimmung durchgeführt, und zwar sowohl für den unbelasteten Stab A als für den mit Gewichten belasteten, so hänge man in seiner Nähe ein Thermometer auf, an welchem während der Operationen die Temperatur von Zeit zu Zeit abgelesen wird, und man kann nun zu den Messungen selbst schreiten.

29. Ablenkungen.

Will man mit den Ablenkungen beginnen, die nach Gauss's Methode wenigstens für zwei Entfernungen beider Stäbe A und B zu untersuchen sind, so kömmt es zunächst darauf an, in welche Entfernung A von B zu legen ist, damit einerseits die Rechnungen nicht zu verwickelt, andererseits die Abweichungen nicht zu klein und die Resultate unsicher werden. Man wird diesen Forderungen Genüge thun, wenn die kleinere Entfernung der Mittelpunkte beider Stäbe wenigstens die dreifache Länge des Ablenkungsstabes A erreicht und die grössere $^4/_3$ von der kleineren beträgt.

Wenn keine gleichzeitigen Beobachtungen an einem zweiten Apparate gemacht werden, so wird man gut thun, an jedem Auflegpunkte die Beobachtungsreihen so auf einander folgen zu lassen, dass eine bei einer bestimmten Lage der Pole ausgeführte von zweien bei entgegengesetzter Lage der Pole eingeschlossen ist. Nennt man z. B. R die kleinere, R^1 die grössere Entfernung beider Stäbe, hat man den Ablenkungsstab A östlich von B in der Entfernung R aufgelegt, und zwar so, dass sein Nordpol gegen Osten liegt, und die Ablenkungen bei dieser Lage beobachtet, so wende man ihn um eine halbe Umdrehung, so dass sein Nordpol gegen Westen zu liegen kömmt, und messe auch in dieser Lage die Ablenkung, welche natürlich auf die entgegengesetzte Seite des magnetischen Meridians fallen wird, kehre aber dann wieder zur ersten Lage, Nordpol gegen Osten

zurück, wo die Ablenkung neuerdings bestimmt wird. Hat man sich einige Fertigkeit erworben, so werden diese drei Beobachtungsreihen wohl kaum mehr als eine halbe Viertelstunde Zeit erfordern, und geht die Änderung der magnetischen Intensität regelmässig vor sich, so kann man sie während einer so kurzen Zeit dieser proportional annehmen. Sind nun die beiden Zeitintervalle zwischen den drei Beobachtungsreihen nahezu gleich, was bei erlangter Einübung auch fast immer eintreten wird, so fällt das Mittel der Zeiten der ersten und dritten Beobachtungsreihe mit der Zeit der zweiten zusammen, und die Differenz der Ablenkungen ist unabhängig von der Intensitätsänderung. Ebenso wird man auch auf den drei andern Punkten, nämlich in der östlichen Entfernung R^1 und in den westlichen Entfernungen R und R^1 verfahren.

30. Beruhigung.

Um aber diese Beobachtungen in so kurzer Zeit abzuthun, wird vorausgesetzt, dass man es verstehe, den Stab *B*, welcher bei jedem Wechsel der Lage von *A* in grosse Schwingungen geräth, wenigstens so weit zu beruhigen, dass die Schwingungen nicht übermässig gross sind, weil bei der schnellen Bewegung der Zahlen der Scale das Ablesen derselben erschwert wird. Dies kann freilich sowohl durch den Beruhigungsstab (nach 3. *e*), als durch jedes Stück weichen Eisens oder magnetisirten Stahles geschehen, dass man dem schwingenden Stabe zur rechten Zeit und in der gehörigen Entfernung entgegenhält. Jedoch ist von Gauss (Result. 1849, S. 52) auch ein Mittel angegeben worden, diese Schwingungen bei der Verlegung und Umdrehung des Stabes *A* klein zu erhalten, so dass man sie gar nicht oder nur wenig zu beruhigen braucht. Man muss hierzu die Dauer einer Schwingung des Stabes *B* kennen, die durch *D* bezeichnet werden soll, wo *D* die Anzahl der Uhrschläge ist, binnen welchen *B* von seiner grössten westlichen Ausweichung zur grössten östlichen gelangt, und umgekehrt. Man nähere sich nun dem Auflegpunkte mit senkrecht gehaltenem Stabe, und lege ihn möglichst rasch auf denselben, indem man von diesem Augenblicke an die Uhrschläge von Null zu zählen anfängt; in dieser Lage lasse man ihn bis zum $\frac{D}{3}$ten Schlage, während welchem man ihn eben so rasch aufhebt und durch $\frac{D}{3}$ Uhrschläge senkrecht hält, dann wieder

in dieselbe Lage wie früher niederlegt und darin lässt. Die Folge dieses Verfahrens wird sein, dass der Stab *B* von dem magnetischen Meridian, in welchem er sich vor dem Auflegen des Magnetes gestellt hat, in den ersten $\frac{D}{3}$ Uhrschlägen sich mit beschleunigter Geschwindigkeit derjenigen Stellung nähert, die er durch die Einwirkung des Stabes *A* anzunehmen hat, und genau die mittlere zwischen dieser und dem Meridian inneliegende Richtung erreicht. Wie nun nach $\frac{D}{3}$ Uhrschlägen der Stab *A* durch die ihm gegebene senkrechte Richtung auf ihn zu wirken aufhört, so setzt er seine begonnene Drehung zwar fort, aber mit abnehmender Geschwindigkeit, und wird nach $\frac{2D}{3}$ Uhrschlägen in der ihm vom Einflusse des Stabes *A* gebotenen Stellung, aber ohne Bewegung, angelangt sein, die er in derselben Zeit verlieren muss, in der er sie gewann. Wird nun nach dieser Zeit *A* in seine bleibende Stellung rasch niedergelegt, so erhält er *B* in seiner abgelenkten Stellung, ohne dass bedeutende Schwingungen vorhanden wären. Will man den Stab *A* umlegen, so dass z. B. Pol Nord von Osten nach Westen komme, wobei *A* in derselben Richtung von *B* bleibt, so verfährt man ganz auf dieselbe Weise: man gibt nämlich dem *A* durch $\frac{D}{3}$ Schläge die neue Lage, dreht ihn dann in die alte zurück, und lässt ihn erst nach $\frac{2D}{3}$ Schlägen, nachdem man ihn wieder gewendet hat, bleibend liegen.

Endlich ist von selbst ersichtlich, dass nach vollendeten Ablenkungsversuchen der Stab *B* ohne Schwingungen in den Meridian zurückgeführt werden könne, indem man *A* aufhebt und durch $\frac{D}{3}$ Uhrschläge verhindert auf *B* zu wirken, dann ihn in seine letzte Stellung niederlegt, bis $\frac{2D}{3}$ Schläge darin lässt, endlich ihn ganz hinwegnimmt.

Wenn diese Beruhigung mit einem Dämpfer (nach 5) geschieht, so leidet das Verfahren eine Abänderung, die man aus dem oben erwähnten Aufsatze ersehen kann.

31. Berechnungen der Tangenten der Ablenkungswinkel.

Die gefundenen Ablenkungen können jedoch nicht unmittelbar in die Rechnung eingeführt werden, sondern es sind aus ihnen die

auf den Halbmesser $2D$ bezogenen Tangenten der Ablenkungswinkel zu suchen; ist nämlich m die gemessene Ablenkung in Scalentheilen ausgedrückt, und v der entsprechende Ablenkungswinkel, so ist aus m die Grösse $2D\ tg.\ v$ zu finden, wo D die Entfernung des Spiegels von der Scale bedeutet.

Fig. 21.

Man kann hierbei auf folgende Weise verfahren: Sei Fig. 21, C der Aufhängepunkt des Stabes im Magnetometer, CM seine Richtung, PM die spiegelnde Fläche, AE die Scale, N der unter dem Faden erscheinende Punkt, also $AN = m$ die gemessene Ablenkung. Sei ferner $CM = CB = l$, also $AB = D$, endlich sei PQ sowie CM senkrecht auf MP, so ist $APQ = BCM = v$, und $APN = 2v$, also $tang\ 2v = \frac{AN}{AP} = \frac{m}{AC-CP}$ $= \frac{m}{D+l-l\,Sec.\,v}$

Diese Gleichung bietet zwar keine einfache Auflösung dar, um v aus m zu finden, man kömmt aber schnell zum Ziele, wenn man auf umgekehrtem Wege verfährt, wenn man nämlich für zweckmässig angenommene Werthe von v die entsprechenden Werthe von m sucht, und aus diesen Werthen durch Interpolation eine Tafel verfertigt, welche für jedes m das zugehörige v oder $2D\ tg.\ v$ gibt. So z. B. ist für das Magnetometer in Göttingen $D = 4819{\cdot}75$ Millim., $l = 209{\cdot}5$ Millim. Will man also für $v = 3°\ 33'$ den entsprechenden Werth von m aus der Gleichung

$$m = (D + l - l\,Sec.\,v)\,tg.\,2v$$

suchen, so hat man

$$\begin{aligned}
log.\ l &= 2{\cdot}4631461 \\
log.\ Sec.\ v. &= 0{\cdot}0008341 \\
\hline
 & \ 2{\cdot}4639802 \\
l\ Sec.\ v &= 291{\cdot}059 \\
D + l &= 5110{\cdot}25 \\
\hline
D + l - l\,Sec.\,v &= 4819{\cdot}191 \\
log.\ (D + L - l\ Sec.\ v) &= 3{\cdot}6829741 \\
log.\ tg.\ 2v &= 9{\cdot}0953667 \\
\hline
log.\ m &= 2{\cdot}7783408 \\
m &= 600{\cdot}262
\end{aligned}$$

Auf diese Weise wurden für den genannten Apparat folgende Werthe von *m* gefunden:

v	*m*	*v*	*m*
0° 0′ 0″	0·000	3° 33′ 0″	600·262
0 35 30	99·557	4 8 30	701·583
1 11 0	199·196	4 44 0	803·502
1 46 30	290·002	5 19 30	906·109
2 22 0	399·058	5 55 0	1009·498
2 57 30	499·449	6 30 30	1113·769

Hieraus wurde durch Interpolation folgende Tafel abgeleitet:

m	*v*	*m* — 2*D tg. v*
0	0° 0′ 0″00	0·000
100	0 35 39·50	0·010
200	1 11 17·17	0·084
300	1 46 51·27	0·282
400	2 22 20·02	0·666
500	2 57 41·67	1·298
600	3 32 54·48	2·238
700	4 7 56·82	3·544
800	4 42 47·06	5·275
900	5 17 23·69	7·483
1000	5 51 45·16	10·223
1100	6 25 50·05	13·548

Die letzte Spalte dieser Tafel gibt die Zahl, welche von der beobachteten Ablenkung *m* abgezogen werden muss, um die für die Rechnung erforderliche Grösse $2D\ tg.\ v$ zu erhalten. Wurde z. B. die Ablenkung $m = 202{\cdot}47$ Scalentheile beobachtet, so ist der Unterschied der Zahlen der letzten Spalte von 100 bis 200=0·074, von 200 bis 300=0·198, also im Mittel = 0·136, somit für einen Scalentheil = 0·00136, und für 2·47 wird

$$(0{\cdot}00136)\ (2{\cdot}47) = 0{\cdot}0028,$$

demnach ist die von *m* abzuziehende Zahl

$$= 0{\cdot}084 + 0{\cdot}0028 = 0{\cdot}087,$$

und es ist daher

$$2D\ tg.\ v = m - 0{\cdot}087 = 202{\cdot}383.$$

32. Vorbereitung zu den Schwingungsdauern.

Bei der Beobachtung der Schwingungsdauern ist zuerst darauf zu sehen, dass der Stab A, der an die Stelle des B in das Schiffchen eingelegt wird, horizontal liege. Zu diesem Ende wird der Spiegelhalter an den Stab angeschraubt, und er so in das Schiffchen gelegt, dass seine schmalen Seiten unten und oben liegen, die breiten aber gegen Osten und Westen. In dieser Lage wird er beruhigt, und der Scalentheil beobachtet, welcher unter dem Fadenkreuze erscheint. Hierauf legt man ihn um, aber so, dass wieder die schmalen Seiten oben und unten sind, und verfährt wie früher. Wenn die Ablesungen bis auf wenige Scalentheile übereinstimmen, so ist der Spiegel in diesem Sinne richtig gestellt; wenn nicht, so wird er mit den Schrauben seines Rähmchens in die richtige Lage gebracht. Sodann legt man den Stab in seine gehörige Lage, nämlich die breiten Seiten nach oben und unten, und verschiebt ihn, ohne die Stellung des Spiegels mehr zu ändern, so lange, bis die Scale im Gesichtsfelde des Fernrohres deutlich erscheint. In diesem Falle und wenn man die in (4) angegebene Bedingung erfüllt, nämlich das Schiffchen auf die mittlere Höhe zwischen Scale und Fernrohr gebracht hat, ist der Stab horizontal.

Wenn er mit Belastung schwingen soll, so wird die Querleiste mit den Spitzen (Fig. 5) auf den Stab gestellt und die Gewichte auf zweien, gleich weit von der Mitte entfernten Spitzen aufgehängt. Die Querleiste mit den Gewichten muss so aufgesetzt werden, dass sowohl sie selbst als der Magnetstab horizontal bleiben. Dass letzteres der Fall sei, wird, wie früher, durch das Erscheinen der Scale im Gesichtsfelde des Fernrohres angezeigt, und muss durch Verrücken der Stange auf dem Stabe oder dieses selbst bewirkt werden. Um die Horizontalität der Leiste hervorzubringen, kann man den Boden des Kastens, in welchem der Stab A schwingt, durch eine nicht zu empfindliche Wasserwage horizontal stellen und den Abstand der Enden der Leiste von diesem Boden messen. Sind die Magnetstäbe sehr glatt, so kann es leicht geschehen, dass die Leiste durch Abgleiten sich verrückt. Eine dünne Schichte weichen Wachses, mit welchem ihre untere Fläche bestrichen wird, hilft diesem Übelstande ab.

In dem Kasten, worin der Stab schwingt, muss ein Thermometer angebracht werden, dessen Stand man in kürzeren Zeitfristen, etwa von 5 zu 5 Minuten, anmerkt.

33. Verfahren bei Bestimmung der Schwingungsdauer grosser Stäbe.

Die Schwingungsdauer ist nebst den Ablenkungen das wichtigste Element für die Auffindung der horizontalen Intensität, muss daher auch mit der grössten Schärfe bestimmt werden. Es ist desswegen eine möglichst lange und ununterbrochene Reihe von Schwingungen in Betracht zu ziehen, weil nur aus einer sehr grossen Anzahl derselben die Dauer einer einzelnen mit hinreichender Schärfe erkannt werden kann. Um aber eine so grosse, vielleicht mehrere Stunden andauernde Reihe von Schwingungen nicht ununterbrochen verfolgen und zählen zu müssen, ist ein Verfahren nöthig, welches gestattet, die Beobachtungen der schwingenden Nadel stückweise anzustellen, und doch die zwischen den einzelnen Beobachtungssätzen vollbrachten Schwingungen mit Sicherheit in Rechnung ziehen zu können. Man stellt diese Beobachtung an einem Punkte an, der dem Mittelpunkte der Schwingung (dem Mittel aus der grössten und kleinsten Zahl, die unter den Faden kömmt) nahe liegt und doch gut kennbar ist, also an einem der nächsten Fünfer oder Zehner der Scale, welche gewöhnlich durch längere Striche kenntlich sind. Sollte dies nicht der Fall sein, oder, wie es bei grossen Schwingungen geschieht, die Zahlen so schnell vorübergehen, dass sie nicht gut zu lesen sind, so bezeichne man den Mittelpunkt der Schwingung durch einen dunklen über die Scale gelegten Faden und beobachte den Durchgang dieses Punktes durch den Faden des Fernrohres, d. h. man schreibe die Uhrzeit an, wann dieser Durchgang Statt findet. Man muss sich gewöhnen, die Uhrzeit nicht nur bis auf die ganze Secunde anzugeben, wenn man an einer Pendeluhr beobachtet, sondern auch die Bruchtheile der Secunde abzuschätzen. Beobachtet man mit einem Taschenchronometer, welche gewöhnlich 5 Schläge in 2 Secunden, also 150 Schläge in 1 Minute machen, so zählt man nicht nach Secunden, sondern nach Chronometer-Schlägen, und wird sich auch hier bald gewöhnen, Bruchtheile von Schlägen anzugeben.

Zu der angegebenen Durchgangszeit setze man das Zeichen +. wenn sich die Zahlen der Scale scheinbar nach einer gewissen

Richtung, z. B. nach der Rechten, bewegen, das Zeichen —, wenn die Bewegung nach der Linken geschieht.

Sind t', t'', t''' .... die Zeiten des 1., 2., 3. ... Durchganges, so ist, da der Mittelpunkt vom 1. Durchgang bis zur grössten Entfernung (Elongation oder Schwingungsgrenze) eine gleich lange Zeit brauchen wird, als von dieser zum zweiten Durchgange,

$\frac{1}{2}(t' + t'') = T'$ die Zeit der ersten Schwingungsgrenze,
$\frac{1}{2}(t'' + t''') = T''$ „ „ „ zweiten „
$\frac{1}{2}(t''' + t'''') = T'''$ „ „ „ dritten „ u. s. f.

und $T'' - T'$ oder $T''' - T''$ oder $\frac{1}{2}(T''' - T')$ u. s. f. wird die Dauer einer Schwingung, nämlich der Zeitraum sein, den der Stab braucht, um von einer Schwingungsgrenze zur entgegengesetzten zu gelangen. Dieser aus fünf oder sechs Durchgängen gefolgerte Werth ist aber noch nicht genau genug, um der Bestimmung der Intensität zu Grunde gelegt zu werden, sondern kann höchstens als eine erste Annäherung gelten. Man kann aber nach einem solchen Beobachtungssatze die Beobachtung abbrechen, und erst nach einiger Zeit, einer halben oder ganzen Stunde, wieder einen Satz folgen lassen, welcher ebenfalls, so wie der frühere, einen genäherten Werth der Schwingungsdauer geben wird. Diese Näherungswerthe werden in den meisten Fällen hinreichen, mit Sicherheit zu erkennen, wie viel Schwingungen der Stab in der ganzen Zwischenzeit von einer ganzen oder halben Stunde vollbracht hat, und kennt man diese Zahl, so gibt die Division dieses Zeitintervalles durch jene Zahl die Dauer einer Schwingung mit viel grösserer Schärfe, welche noch durch Wiederholung der Sätze nach den gehörigen Zeitfristen vermehrt werden kann.

Die den Durchgangszeiten beigesetzten Zeichen + oder — zeigen an, ob die zwischen ihnen liegende Schwingungsgrenze einem Maximum der Zahlen oder einem Minimum zugehört. Liegt das Maximum zwischen der Zeichenfolge $\pm$, so liegt das Minimum zwischen $\mp$ und umgekehrt. Zwischen gleichen Zeichenfolgen kann nur eine gerade Anzahl der Schwingungen liegen, zwischen ungleichen nur eine ungerade. Die Beachtung der Zeichen macht also einen Irrthum in der Anzahl der Schwingungen leicht erkennbar, weil man nur um eine gerade Anzahl von Schwingungen fehlen kann, ein Fehler von zwei Schwingungen aber in den meisten Fällen schon

eine so grosse Änderung in der Dauer hervorbringen würde, dass sie mit dem Näherungswerthe nicht mehr in Übereinstimmung zu bringen wäre. Ein Beispiel wird die Sache mehr aufklären.

Die folgende Tafel enthält vier Sätze von beobachteten Durchgängen mit ihren Zeichen, und in der zweiten Spalte die daraus abgeleiteten Zeiten der Schwingungsgrenzen.

I.

21ʰ 55′ 26ˢ9 —	21ʰ 55′ 47ˢ65
56 8·4 +	56 29·80
56 51·2 —	57 12·10
57 33·0 +	57 54·25
58 15·5 —	58 36·45
58 57·4 +	

II.

23ʰ 38′ 49ˢ2 +	23ʰ 39′ 10ˢ35
39 31·5 —	39 52·55
40 13·6 +	40 34·80
40 56·0 —	41 17·05
41 38·1 +	41 59·20
42 20·3 —	

III.

1ʰ 10′ 12ˢ6 +	1ʰ 10′ 33ˢ40
10 54·2 —	11 15·60
11 37·0 +	11 57·70
12 18·4 —	12 39·85
13 1·3 +	13 22·15
13 43·0 —	

IV.

2ʰ 49′ 19ˢ7 —	2ʰ 49′ 40ˢ60
50 1·5 +	50 22·80
50 44·1 —	51 4·95
51 25·8 +	51 47·15
52 8·5 —	52 29·25
52 50·0 +	

Wenn man jede zu einer Schwingungsgrenze gehörige Zeit von der zur nächstfolgenden gehörigen abzieht, so erhält man folgende Näherungswerthe der Schwingungsdauer:

	I.	II.	III.	IV.
	42ˢ15	42ˢ20	42ˢ20	42ˢ20
	42·30	42·25	42·10	42·15
	42·15	42·25	42·15	42·20
	42·20	42·15	42·30	42·10
Mittel	42ˢ20	42ˢ20	42ˢ19	42ˢ16

Man kann daher 42ˢ19 als genäherten Werth der Schwingungsdauer ansehen. Um zu sehen, wie viel Schwingungen die Nadel zwischen dem ersten und zweiten Satze gemacht habe, ziehe man irgend eine Elongationszeit des ersten Satzes von irgend einer des zweiten Satzes ab, verwandle den Rest in Secunden und dividire ihn durch den Näherungswerth. Der Quotient ist die Anzahl der Schwingungen, und der Näherungswerth wird desto genauer sein, je kleiner der Rest ist, welcher bei dieser Division neben den ganzen Zahlen des Quotienten noch übrig bleibt. Wählt man z. B. die erste Elongationszahl des ersten Satzes und die letzte des zweiten, so ist

$$\begin{array}{r} 21^h\ 55'\ 47^s 65 \\ 23\ \ 41\ \ 59\cdot 20 \\ \hline 1^h\ 46'\ 11^s 55 = 6371^s 55. \end{array}$$

Es kann hier bemerkt werden, dass die erste der gewählten Schwingungsgrenzen die Zeichenfolge $\mp$, die zweite die Zeichenfolge $\pm$ vor sich habe, dass also die zwischen ihnen liegende Schwingungszahl eine ungerade sein müsse. Diese Schwingungszahl findet man leicht durch die Division

$$\frac{6371^s 55}{42\cdot 19} = 151 \text{ mit dem Reste } 8\cdot 60.$$

Es ist daher schon der Näherungswerth ziemlich genau; allein man wird einen noch viel schärferen Werth erhalten, wenn man das Zeitintervall $6371^s 55$ durch die gefundene Anzahl von Schwingungen dividirt. Man hat dann

$$\frac{6371^s 55}{151} = 42^s 1957.$$

Die nahe Übereinstimmung dieses Werthes mit dem ersten Näherungswerthe $= 42^s 19$ ist zugleich ein Beweis, dass der Stab in der Zwischenzeit wirklich 151 Schwingungen machte; sollte man daran zweifeln, so müsste man für diese Anzahl, da sie nach der obigen Regel ungerade sein muss, entweder 149 oder 153 annehmen.

Im ersteren Falle würde die Schwingungsdauer $= 42^s 762$,
„ zweiten „ „ „ „ $= 41\cdot 644$,
beide Werthe viel zu weit von dem Näherungswerthe abweichend, als dass man dem erwähnten Zweifel Raum gestatten könnte.

Verfährt man auf ähnliche Weise auch mit den übrigen Sätzen, so findet man, wenn n die Anzahl der Schwingungen bedeutet,

aus dem II. und III. die Dauer $42^s 1776$ . . . . $n = 134$
„ „ III. „ IV. „ „ $42\cdot 1779$ . . . . $n = 145$
„ „ I. „ IV. „ „ $42\cdot 18396$ . . . $n = 422$

und man kann den letzten Werth für den genauesten halten, weil er aus der grössten Anzahl der Schwingungen abgeleitet ist.

Um die Schwingungsdauer wegen Ausdehnung des Schwingungsbogens corrigiren, oder, wie man zu sagen pflegt, auf unendlich kleine Bogen zurückführen zu können, darf man nicht vergessen, bei jedem Satze auch die Grösse der Schwingung (den Unterschied

zwischen der grössten und kleinsten unter den Faden des Fernrohrs kommenden Zahl) anzumerken.

34. Einfacheres Verfahren zur Bestimmung der Schwingungsdauer.

Das vorhergehende Verfahren, die Schwingungsdauer zu bestimmen, ist vorzüglich dort anwendbar, wo diese Dauer, wie im vorliegenden Falle sehr lang ist. In einem solchen Falle und wenn der Stab gegen äussere Störungen gut geschützt ist, reichen auch die wenigen Durchgänge eines Satzes schon hin, einen hinlänglich genäherten Werth zu geben, der zur Auffindung der Schwingungszahl zwischen einem Satze und dem folgenden dienen kann, ohne einen Zweifel übrig zu lassen. Ist aber dies nicht der Fall, sind die Schwingungen eines einzelnen Satzes nicht regelmässig genug, um einen genäherten Werth zu geben, der jeden Zweifel ausschliesst, so wird man gut thun, zwei Beobachtungssätze binnen kürzerer Zeitfrist auszuführen, und aus diesem kürzeren Intervalle einen mehr genäherten Werth, der die gehörige Sicherheit hat, zu rechnen. Kennt man einen solchen, so kann man im voraus berechnen, wann eine gewisse, z. B. die 100ste, Schwingung eintritt, und den folgenden Beobachtungssatz mit dieser Schwingung beginnen: dann wird dieser und jeder der folgenden Durchgänge genau um 100 Schwingungen von den entsprechenden Durchgängen des ersten Satzes entfernt sein, wodurch sich die Rechnung etwas einfacher stellt.

Folgende Beobachtung wurde nach diesem Verfahren mit einem Taschenchronometer angestellt, welches 150 Schläge in der Minute macht. Die angegebenen Zeittheile sind Uhrschläge.

I.			II.			III.			IV.		
23^h	44′	23·0+	23^h	48′	93·5+	0^h	13′	69·0+	0^h	33′	122·0+
		61·0—			131·0—			108·0—		34	12·0—
		97·5+		49	18·0+			144·0+			47·0+
		136·0—			56·5—		14	32·5—			86·0—
	45	22·0+			92·5+			68·5+			121·5+
		60·0—			131·0—			107·0—		35	11·0—
		96·5+		50	17·5+			143·0+			46·0+
		135·0—			55·5—		15	31·5—			85·0—
	46	21·0+			91·0+			67·0+			120·0+
		59·0—			129·0—			106·0—		36	9·5—

Es kann hier bemerkt werden, dass es zur Berechnung des ersten Näherungswerthes nicht nöthig ist, die Mittel aus den Durchgängen zu nehmen, um die Zeiten der Schwingungsgrenzen zu finden, deren Unterschiede jene Näherungswerthe geben. Wenn der beobachtete Scalentheil genau in der Mitte des Schwingungsbogens liegt, so sind die Durchgangszeiten selbst um die Schwingungsdauer von einander entfernt, ihre Unterschiede geben daher gleichfalls einen Näherungswerth. Liegt aber der beobachtete Scalentheil nicht in der Mitte, so werden jene Unterschiede abwechselnd zu gross oder zu klein, aber das Mittel aus einer geraden Anzahl derselben stellt ebenfalls einen Näherungswerth dar. So gibt der erste Satz vorstehender Beobachtungen folgende Zeiten für die Schwingungsgrenzen und deren Unterschiede:

23^h	44′	42·00	
			37·25
		79·25	
			37·50
		116·75	
			37·25
	45	4·00	
			37·00
		41·00	
			37·25
		78·25	
			37·50
		115·75	
			37·25
	46	3·00	
			37·00
		40·00	
Genäherter Werth			37·25

Nimmt man aber die ersten acht Unterschiede der Durchgangszeiten, so geben sie

	38·0
	36·5
	38·5
	36·0
	38·0
	36·5
	38·5
	36·0
Mittel	37·25

wodurch also, wie man sieht, derselbe genäherte Werth, wie früher erscheint. Obgleich dieser Näherungswerth die hinlängliche Verlässlichkeit besitzt, um auch für einen grösseren Zeitraum die von dem Stabe während derselben gemachten Schwingungszahl anzugeben, so wurde doch nach kurzer Frist der zweite Satz der Scale ausgeführt, um aus den Unterschieden der entsprechenden Durchgangs-

zeiten beider Sätze eine Probe des Näherungswerthes zu erhalten. Zieht man von der 1. Durchgangszeit des II. Satzes die 1. Durchgangszeit des I. Satzes, von der 2. des II., die 2. des I. u. s. f. ab, so ergeben sich folgende Unterschiede:

4′ 70·5
70·0
70·5
70·5
70·5
70·0
70·0
70·5
70·0
70·0

Mittel = 4′ 70·45 = 670·45 Chron. Schläge.

Binnen dieser Zeit wurden nach dem ersten Näherungswerthe

$$\frac{670 \cdot 45}{37 \cdot 25} = 18$$

Schwingungen gemacht, eine Anzahl, die auch mit den Zeichen übereinstimmt, da diesen zufolge eine gerade Zahl erscheinen muss. Es ist demnach der zweite genäherte Werth

$$\frac{670 \cdot 45}{18} = 37 \cdot 25$$

genau mit dem früheren übereinstimmend. Diesem gemäss sollte der hundertste Durchgang 3725 Uhrschläge nach dem ersten Durchgange des I. Satzes eintreten, also zur Zeit

$$23^h\ 44'\ 33 \cdot 0 + 3725^s = 23^h\ 44'\ 23^s + 24'\ 125^s = 0^h\ 8'\ 148^s.$$

Der Durchgang hatte, wie man aus dem III. Satze sieht, auch wirklich zu dieser Zeit Statt. Der erste Durchgang des IV. Satzes, der wieder 100 Schwingungen nach dem III. folgen sollte, wurde für die Zeit

$$0^h\ 8'\ 148^s + 24'\ 125^s = 0^h\ 33'\ 123^s$$

voraus berechnet; er trat um $0^h\ 33'\ 122^s$ ein.

Nimmt man nun die Zeitunterschiede zwischen den entsprechenden Durchgängen, nämlich den 1. und 1., den 2. und 2. u. s. f., des III. und I. Satzes und ebenso des IV. und III. Satzes, so erhält man

so viele Dauern von 100 Schwingungen, die in folgender Tafel zusammengestellt sind:

	I. und II.	III. und IV.
	24′ 125·5	24′ 123·5
	127·0	124·0
	126·0	123·5
	126·0	124·0
	126·0	123·5
	126·0	125·0
	125·5	124·0
	126·0	124·0
	126·0	123·0
	127·0	123·5
Mittel	24′ 126·10	24′ 123·80

Man findet demnach im Mittel aus allen drei Sätzen die Dauer von 100 Schwingungen

$$= 24' \; 124{\cdot}95 = 24' \; 49^{s}98 = 1489^{s}98 \text{ Secunden,}$$

daher die Dauer einer Schwingung $= 14^{s}8998$ Sec.

35. Verfahren bei kurzen Schwingungsdauern.

Wenn aber, wie bei den magnetischen Theodoliten, die Stäbe sehr klein sind, so wird die Schwingungsdauer zu kurz, um die Zeiten der auf einander folgenden Durchgänge anmerken zu können. Man pflegt in diesem Falle einige derselben unbeachtet zu lassen, und die Zeit jedes dritten oder fünften Durchganges zu bemerken, wobei man sich durch einige Vorbeobachtungen eine genäherte Kenntniss der Dauer von drei oder fünf Schwingungen verschaffen muss. Beobachtet man jede fünfte Schwingung, und begnügt man sich die Dauer einer Schwingung aus der Anzahl von 200 Schwingungen zu berechnen, so kann man die Beobachtung während der ganzen Dauer dieser 200 Schwingungen ohne Ermüdung fortsetzen, jeden fünften Durchgang aufzeichnen und die gesammte Beobachtungsreihe in 4 Sätze, jeden von 50 Schwingungen oder 10 Aufzeichnungen, abtheilen. Die folgende Tafel enthält eine solche Beobachtung, die so wie die frühere mit einem Taschenchronometer, das 150 Schläge in 1 Minute machte, ausgeführt wurde. Die den Durchgangszeiten vorgesetzten Zahlen sind die Ordnungszahlen der Durchgänge.

	I.		II.		III.		IV.
0	$0^h\,45'$ 5^s0+	50	$46'$ 95^s5+	100	$48'$ 36^s0+	150	$49'$ 126^s5+
5	29·0—	55	120·5—	105	60·0—	155	50 0·0—
10	53·5+	60	143·0+	110	84·5+	160	24·0+
15	77·0—	65	47 18·5—	115	108·0—	165	48·5—
20	101·0+	70	41·0+	120	131·5+	170	72·5+
25	125·5—	75	66·0—	125	49 6·5—	175	96·0—
30	149·0+	80	89·0+	130	30·0+	180	120·5+
35	46 23·5—	85	114·5—	135	54·0—	185	144·0—
40	27·5+	90	137·5+	140	78·0+	190	51 19·0+
45	72·0—	95	48 12·0—	145	102·5—	195	42·0—

Nimmt man die Unterschiede der entsprechenden Durchgangszeiten des I. und III., so wie des II. und IV. Satzes, so erhält man folgende Zeiten für die Dauer von 100 Schwingungen.

	I. und III.	II. und IV.
	$3'$ 31^s0	$3'$ 31^s0
	31·0	29·5
	31·0	31·0
	31·0	30·0
	30·5	31·5
	31·0	30·0
	31·0	31·5
	30·5	29·5
	30·5	31·5
	30·5	30·0
Mittel=	$3'$ 30^s80	$3'$ 30^s55

Im Mittel aus beiden Bestimmungen wird die Dauer von 100 Schwingungen

$= 3'\,30^s675 = 3'\,12^s27 = 192^s27$ Secunden:

daher die Dauer einer Schwingung $= 1^s9227$ Sec.

36. Gleichzeitige Beobachtungen am Variations-Apparate.

Hat man gleichzeitig am Variations-Apparate die Änderungen der horizontalen Intensität beobachtet, so ist man im Stande, das Ergebniss unabhängig von dieser Änderung darzustellen. Diese Variations-Beobachtungen können entweder an einem sogenannten Bifilar-Magnetometer, dessen Beschreibung unter den Variations-Instrumenten folgen wird, oder mittelst des bereits (in 3) beschriebenen Unifilar-Magnetometers durch Beobachtung der Schwingungsdauer ausgeführt werden. Wählt man den ersten Apparat, so muss der Werth eines

Scalentheiles gegeben sein, d. h. man muss wissen, um wie viel sich die horizontale Intensität geändert habe, wenn der Stab des Bifilar-Magnetometers eine Änderung seiner Lage um 1 Scalentheil anzeigt. Sei $\frac{1}{H}$ dieser Werth, es entspreche nämlich ein Scalentheil dem H^{ten} Theile der horizontalen Intensität. Ist nun S_0 derjenige Scalentheil des Bifilar-Magnetometers, welcher der als Norm angenommenen Intensität T_0 entspricht, wurde dagegen während der angestellten Beobachtung der Scalentheil S abgelesen, so ist die Intensitätsänderung

$$= \frac{S - S_0}{H} . T_0$$

Es ist aber noch eine zweite Ursache, aus welcher das Bifilar-Magnetometer einen geänderten Stand anzeigen kann, nämlich eine vorgegangene Änderung der Temperatur, weil mit der Wärmezunahme die Intensität des Stabmagnetismus abnimmt. Ist also C_0 die Normaltemparatur des Stabes, auf welche alle beobachteten Intensitäten zurückgeführt werden, wurde aber während der ausgeführten Intensitäts-Bestimmung im Kasten des Bifilar-Magnetometers die Temperatur C abgelesen und beträgt die Änderung, welche dieser Apparat in Folge der Temperatur-Änderung von einem Grade anzeigt, k Scalentheile, so ist die Intensitäts-Änderung in Folge der geänderten Temperatur

$$= \frac{k(C - C_0)}{H} . T_0$$

Setzt man der Kürze wegen $S - S_0 = s$, $C - C_0 = c$, so ist die gesammte Änderung oder der Unterschied zwischen der wirklich stattfindenden Intensität T und der Normal-Intensität T_0,

$$T - T_0 = \frac{s + k.c}{H} . T_0$$

oder

$$\frac{T}{T_0} = \frac{H + s + k.c}{H}$$

und mit dieser Grösse wird man die gemessenen Ablenkungen multipliciren, um sie auf die Normal-Intensität zurückzuführen.

Um die am Stabe A gemessenen Schwingungsdauern auf die Normal-Temperatur zu bringen, wird man während dem Verlaufe derselben von Zeit zu Zeit, etwa von 5 zu 5 Minuten, Ablesungen

am Bifilar-Magnetometer und am Thermometer veranstalten, aus den derselben Reihe von Schwingungsdauern zugehörigen Ablesungen das Mittel nehmen, und damit nach der oben gegebenen Regel den Werth von $\frac{T}{T_0}$ rechnen, mit welchem das Quadrat der Schwingungsdauer zu multipliciren ist.

Hat man aber die Änderungen der Intensität nicht am Bifilar-Magnetometer beobachtet, sondern will man hiezu die Schwingungsdauern des Unifilar-Magnetometers benützen (was jedoch weniger vortheilhaft ist, weil man die Werthe der Schwingungsdauer nur für grössere Zeiträume mit gehöriger Sicherheit erhält, nicht aber für so kurze, wie man sie zur Reduction der Ablenkungen nöthig hat), so muss man bemerken, dass man hiebei den Einfluss der Temperatur in zweifacher Hinsicht zu berücksichtigen habe, erstens indem sie die Stärke des Stabmagnetismus ändert, zweitens weil sie eine Änderung in der Ausdehnung des schwingenden Stabes hervorbringt und ein längerer oder kürzerer Stab auch eine längere oder kürzere Zeit braucht, um eine Schwingung zu vollbringen. Ist S_0 die Schwingungsdauer bei dem normalen Zustande der Intensität (T_0), S jene bei dem wirklich stattfindenden (T), C_0 die Normal-Temperatur, C die beobachtete, $C - C_0 = c$, bedeutet ferner q die Änderung des Stabmagnetismus und m die Ausdehnung des Stahles für 1° Temperatur-Änderung, so ist das gesuchte Verhältniss

$$\frac{T}{T_0} = \frac{S_0^2}{S^2\,[1 - (2m + q)\,c]},$$

und mit dieser Grösse sind, so wie früher, die Ablenkungen und die Quadrate der Schwingungsdauern zu multipliciren, um sie auf die Normal-Intensität zu bringen.

37. Correctionen wegen der Temperatur des Hauptstabes.

Auch auf die mit dem Hauptapparate vorgenommenen Operationen hat die Temperatur-Änderung einen Einfluss, weil dadurch der magnetische Zustand des Stabes A geändert wird. Ist p die einer Temperatur-Änderung von 1° entsprechende Änderung des Stabmagnetismus, a_1 die beobachtete, a_0 die Normal Temperatur, und $a_1 - a_0 = a$, so sind die Ablenkungen mit der Grösse

$$1 + ap$$

zu multipliciren, die Quadrate der Schwingungsdauern aber mit derselben Grösse zu dividiren, um sie auf die Normal-Temperatur zu bringen.

38. Correctionen wegen des Uhrganges und der Drehung des Fadens.

Die Schwingungsdauern des Stabes A haben aber noch einige Correctionen nöthig, bevor sie zur Berechnung der Intensität benützt werden können. Gewöhnlich beobachtet man sie an einer nach mittlerer Sonnenzeit gehenden Uhr, welche einen gewissen Fehler und Gang haben wird. Sei dieser Gang h, d. h. die Uhr eile der Sonnenzeit täglich um h Secunden voraus, mache also $86400 + h$ statt 86400 Secunden täglich, so sind die Schwingungen mit dem Factor

$$\frac{86400}{86400 + h}$$

zu multipliciren, und mit dem Factor

$$\frac{86400}{86400 - h},$$

wenn die Uhr täglich um eben so viel zurückbleibt.

Ist n das nach (28) bestimmte Verhältniss der erdmagnetischen Kraft zur Torsionskraft des Fadens, so hat man die Quadrate der Schwingungsdauern mit dem Factor $\frac{n+1}{n}$ zu multipliciren.

39. Correction wegen der Grösse des Schwingungsbogens.

Endlich sind die Schwingungsdauern desto grösser, je grösser der Bogen ist, in welchem die Nadel schwingt. Um sie in dieser Beziehung auf ein bestimmtes Mass zurückzuführen sei, T' die beobachtete, T die corrigirte Dauer, g der Schwingungs-Bogen (der Unterschied zwischen dem grössten und kleinsten Scalentheile, den der schwingende Stab erreicht), r die Entfernung des Spiegels von der Scale, so hat man

$$T = T' \left(1 - \frac{g^2}{256\, r^2}\right).$$

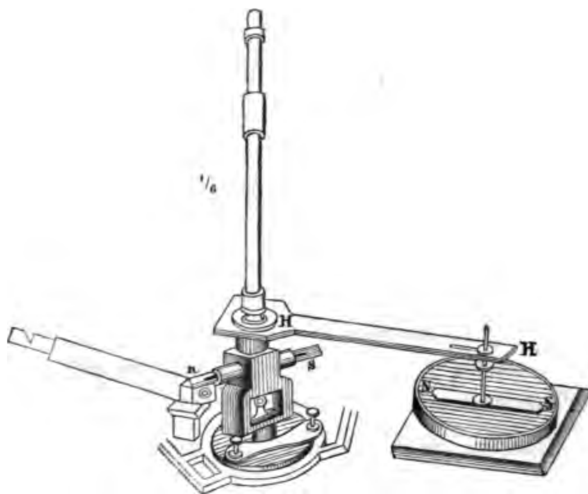
40. Bestimmung des Wärme-Coëfficienten.

Die durch die Temperatur-Änderungen nöthigen Correctionen hängen von den mit k, q und p bezeichneten Grössen ab, welche man die Wärme-Coëfficienten zu nennen pflegt. Diese Grössen sind für

denselben Magnetstab constant, haben aber, da sie von der inneren Beschaffenheit des Stahles abhängen, für jeden einen andern Werth und müssen daher auch für jeden eigens bestimmt werden; zu ihrer Kenntniss kann man auf folgendem praktischen Wege gelangen [1]).

Auf der Mitte eines magnetischen Theodoliten (Fig. 22) stelle man ein Magnetgehäuse mit einer frei schwebenden Nadel *ns*, an

Fig. 22.



welches eine hölzerne Schiene *HH* angebracht und der zu untersuchende Magnet *NS* befestigt wird, welcher die frei Nadel *ns* vom magnetischen Meridiane ablenkt. Unter den Magnet *NS* stelle man ein Gefäss mit Wasser, von der Temperatur t_1, so dass er darin eintaucht, lasse ihn so lange darin, bis er die gleiche Temperatur angenommen hat, und beobachte die Ablenkung g vom Meridiane, die in der Nadel *ns* vom eingetauchten Magnete *NS* hervorgebracht wird. Man vertausche dann das Wasser mit anderem, das eine sehr verschiedene Temperatur t_2 hat, und nun sei g_2 die Ablenkung des wieder eingetauchten Magnetes *NS*, nachdem er gleiche Temperatur mit dem Wasser angenommen hat, so ist der Wärme-Coëfficient

$$A = \frac{Sin\ (g_1 - g_2)}{(t_2 - t_1)\ tg.\ \frac{1}{2}\ (g_1 + g_2)}.$$

1) S. Lamont, Handbuch des Erdmagnetismus S. 125.

Beispiel. Ein Magnet von 149·0 Millim. Länge, 7·3 Millim. Breite und 3·6 Millim. Dicke gab folgende Zahlen:

Temperatur	Ablesung des Kreises	Temperatur	Ablesung des Kreises
8°7	294° 15'6	9°5	294° 15'6
46·9	293 37·1	28·7	294 3·0
9·0	294 17·4	9·5	294 22·0
42·2	293 44·5	23·9	294 7·7
9·15	294 19·6	9·5	294 22·7
38·0	293 51·9	19·9	294 12·1
9·3	294 21·4	9·5	294 22·5
35·2	293 55·9	15·8	294 16·5
		(9·5)	(294 22·5)

Richtung des magnetischen Meridians am Anfange . . . 247° 55'6
" " " " " Ende . . . . 247 50·4

Da während dieses Experimentes keine Beobachtungen über die Variationen der magnetischen Erdkraft angestellt worden waren, so wird es am besten sein, die ausgeführten Versuche so zu combiniren, dass diese Variationen, wenn sie in kurzen Zeiträumen der Zeit proportional vor sich gingen, unschädlich werden. Dies geschieht, wenn man je zwei Versuche bei niedriger Temperatur, die einen bei höherer einschliessen, zu einem Mittel vereiniget und dieses Mittel mit dem eingeschlossenen Versuche zusammenstellt.

Behandelt man nach dieser Methode die ersten drei Versuche, so geben der 1. und 3. das Mittel der Temperatur $t_1 = 8°85$, und das Mittel der Ablesungen 294° 16'5.

Da also der Meridian war . . . . 247° 55'6 . . . . 247° 55'6
und die Ablesungen . . . . 294 16·5 . . . . 293 37·1
so sind die Ablenkungen . . . . $g_1 =$ 46 20·9 . $g_2 =$ 45 41·5
Man hat daher . . . . $g_1 - g_2 = 39'4$

$$t_2 - t_1 = 46°9 - 8°85 = 38°05$$

$$\tfrac{1}{2}(g_1 + g_2) = 46°\ 1'2$$

Substituirt man diese Werthe in obige Formel, so wird

$$\begin{aligned} lg.\,Sin\,(g_1 - g_2) &= 8\cdot05921 \\ \text{Comp. } lg.\,(t_2 - t_1) &= 8\cdot41965 \\ \text{,, } lg.\,tg.\,\tfrac{1}{2}(g_1 + g_2) &= 9\cdot98453 \\ \hline lg.\,A &= 6\cdot46339 \\ A &= 0\cdot0002907 \end{aligned}$$

Wenn die übrigen Zahlen des Versuches ebenso behandelt werden, so gelangt man zu folgenden Ergebnissen:

$t_2 - t_1$	$g_1 - g_2$	$\frac{1}{2}(g_1 + g_2)$	Wärme-Coëff.
38°05	39'40	46° 1'2	0·0002907
33·12	34·00	6·9	0·0002872
28·77	28·60	12·1	0·0002773
25·80	25·75	15·2	0·0002779
19·20	18·95	19·3	0·0002741
14·40	14·65	22·4	0·0002821
10·00	10·50	25·2	0·0002906
5·90	6·00	27·9	0·0002811
		Mittel	0·0002826

Es herrscht übrigens über den Zusammenhang zwischen den Temperatur-Änderungen und jenen der magnetischen Kraft noch manches Dunkel, so dass man nicht im Stande ist, die Intensitäts-Änderungen mit jener Verlässlichkeit auf eine bestimmte Temperatur zurückzuführen, wie es z. B. bei denen des Luftdruckes geschehen kann.

Die Anwendung der über die Intensitäts-Bestimmung gegebenen Vorschriften wird durch ein paar Beispiele noch ersichtlicher werden.

41. Beispiel der Intensitäts-Bestimmung mit dem Magnetometer.

Intensitäts-Bestimmung am Magnetometer zu Göttingen am 31. Juli 1841.

a) Ablenkungen.

Stab A wurde südlich und nördlich von B in den Entfernungen $R_1 = 2600$ und $R = 1900$ Millim. so aufgelegt, dass seine Mitte im Meridian, seine Längenaxe senkrecht darauf lag. Die nach dem in (29) angegebenen Verfahren ausgeführten Beobachtungen geben folgende Beobachtungszahlen, in denen die Lage II die in Hinsicht auf die Richtung der Pole entgegengesetzte Lage von I bedeutet, so dass nämlich bei Lage II z. B. der Nordpol gegen Westen, bei Lage I gegen Osten war, oder umgekehrt.

Stab *A* südlich von *B*.

Mittlere Zeit	*B*	Lage	Stand
10ʰ 44′ —	2600	I	653·52
10 47 30″	2600	II	1057·78
10 51 —	2600	I	652·15
10 56 —	1900	I	312·54
11 0 —	1900	II	1304·87
11 0 —	1900	I	313·29

um 10^h 40′ Temp. = + 12°4 Réaum.

Stab *A* nördlich von *B*.

Mittlere Zeit	*B*	Lage	Stand
11ʰ 10′ —	1900	I	1392·77
11 14 —	1900	II	312·71
11 18 —	1900	I	1391·57
11 22 30″	2600	I	1056·04
11 26 30	2600	II	647·63
11 30 30	2600	I	1054·41

um 11^h 32′ Temp. = + 12°44.

Wenn man nun für jeden Auflegepunkt das Mittel der in Lage I gefundenen Stände nimmt und selbes von dem Stande in Lage II abzieht, so erhält man folgende Zahlen, welche die doppelten Ablenkungen in Scalentheilen darstellen.

Stab	*B*	Mittlere Zeit	Doppelte Ablenkung
Südlich . .	2600	10ʰ 47′ 30″	404·945
Südlich . .	1900	11 0 0	1081·955
Nördlich .	1900	11 14 30	1079·460
Nördlich .	2600	11 26 30	407·595

Nun wurde an den Stab *A* der Spiegel angebracht und derselbe zuerst auf die schmale Fläche in das Schiffchen gelegt. Er zeigte den Stand 500·3, da aber derselbe ungefähr 850 sein sollte, so konnte schon vor dem Umlegen der Spiegelfehler verbessert werden. Nach mehreren Correctionen war der Stand 853·5, und nach

dem Umlegen 855·5. Nun wurde der Stab auf gewöhnliche Weise, nämlich auf die breite Fläche eingelegt, und die Entfernung des Abstandes der spiegelnden Fläche von der Scale = 4807·85 Millim. gefunden.

b) Schwingungen des unbelasteten Stabes A.

Die Schwingungs-Beobachtungen, welche nach dem in (33) angezeigten Verfahren ausgeführt wurden, gaben folgende Zahlen:

Um 0^h 30′ Nachmittags Temp. = + 13°0 Réaum.

Ordnungszahl der Schwingungen	Mittlere Zeit	Schwingungsbogen
2	0^h 35′ 23ˢ15	766·15
102	1 15 29·15	440·56
202	1 55 34·42	318·57

um 1^h 58′ Temp. = + 13°2.

Man findet hieraus die Dauer von 100 Schwingungen

aus dem 1. und 2. Satze = 40′ 6ˢ00 = 2406ˢ00, Dauer einer Schwingung = 24ˢ0600,

„ „ 2. „ 3. „ = 40 5·27 = 2405·27, Dauer einer Schwingung = 24ˢ0527.

Um an diese Zahlen sogleich die Correction wegen der Grösse des Schwingungsbogens anzubringen, hat man nach der in (39) gegebenen Formel

$$T = T'\left(1 - \frac{g^2}{256\,r^2}\right)$$

für T', g und r die entsprechenden Grössen zu setzen. Für T kann man den genäherten Werth 24ˢ06 annehmen; da ferner die Schwingungsbögen sehr nahe in einer geometrischen Progression abnehmen, so wird man am besten thun, für die erste Schwingungsdauer als Schwingungsbogen die mittlere geometrische Proportionirte zwischen den Bögen des 1. und 2. Satzes, oder, wenn man in Logarithmen rechnen will, das arithmetische Mittel ihrer Logarithmen zu nehmen. Es ist demnach der Schwingungsbogen

für den 1. Satz = 766·15, *log.* = 2·88432
„ „ 2. „ = 440·56, *log.* = 2·64400
Mittel = *log. g* = 2·76416.

Für r hat man die oben gegebene Zahl = 4807·85 zu setzen. Hiemit wird

für die erste Schingungsdauer

$log\ T' = 1 \cdot 38130$
$log.\ g^2 = 5 \cdot 52832$
Comp. $log.$ 256 = 7·59176
Comp. $log\ r^2 = 2 \cdot 63610$

$log.$ Correct. = 7·13748
Correct. = 0·00140

für die zweite Schwingungsdauer

$log.$ 440·56 = 2·64400
$log.$ 318·57 = 2·50321

$log.\ g^2 = 5 \cdot 14721$
$log.\ T' = 1 \cdot 38117$
Comp. $log.$ 256 r^2 = 0·22786

$log.$ Correct. = 6·76624
Correct. = 0·00058.

Demnach werden die corrigirten Schwingungsdauern

24^{s}0600 — 0^{s}0014 = 24^{s}0586
und 24·0527 — 0·0006 = 24·0521

Mittel = 24^{s}05535 bei 13°1 Réaum.

c) Torsionsbestimmung.

Es wurden für diesen Zweck folgende Stände beobachtet:

Mit unbelasteter Nadel ohne Drehung . .	m	= 833·04	um 1^h 55′ 30″
Drehung = +360° . .	m'	= 747·92	„ 2 0
Drehung = —720 . .	m''	= 919·83	„ 2 6
Ohne Drehung	m'''	= 833·95	„ 2 11

Da keine gleichzeitigen Beobachtungen an einem zweiten Apparate über die Änderungen der Declination ausgeführt wurden, und sich aus der Vergleichung von m und m''' eine Änderung um 0·91 Scalentheile in 15'5 ergibt, so muss man diese Änderung der Zeit proportional vertheilen, so dass auf 1 Minute eine Änderung von 0·059 Scalentheilen kömmt. Führt man mit diesem Werthe alle Zahlen für m auf die Mitte der Zeiten, nämlich auf 2^h 3′ zurück, so werden sie

m = 833·04 + 0·44 = 833·48
m' = 747·92 + 0·18 = 748·10
m'' = 919·83 — 0·18 = 919·65
m''' = 833·95 — 0·47 = 833·48

Man hat daher für eine Drehung von 360° die Änderung

aus m und m' . . . 85·38
„ m „ m'' . . . 86·17

Mittel = u = 85·775

Da die Entfernung des Spiegels von der Scale $= r = 4807{\cdot}85$ Millimeter war, so entsprechen nach (9) diese Scalentheile einem Winkel von

$$\frac{206264{\cdot}8}{2r}(85{\cdot}775) \text{ Secunden} = 30{:}67 \text{ Minuten} = u,$$

und da die Drehung $= 360° = 21600' = v$ betrug, so ist nach (28) das Verhältniss der magnetischen Kraft zur Drehkraft des Fadens

$$n = \frac{v}{u} - 1 = \frac{21600}{30{\cdot}67} - 1 = 703{\cdot}27.$$

Nun wurde die Querleiste aufgesetzt, mit Gewichten belastet, gehörig nivellirt, und folgende Stände beobachtet:

ohne Drehung . . . . $m \;= 834{\cdot}20$
Drehung $= + 360°$ . . . . . . $m' \;= 712{\cdot}63$
Drehung $= - 720$ . . . . . . $m'' = 961{\cdot}77$
ohne Drehung . . . . $m''' = 836{\cdot}59$

Diese Bestimmungen gaben durch das vorige Verfahren den Torsions-Coëfficienten

$$n = 485{\cdot}96.$$

d) Schwingungen des belasteten Stabes.

Die Gewichte hingen auf Nr. 250 und 450 der Querleiste, d. i. auf den beiden der Mitte nächsten Spitzen (s. Fig. 5).

Die Beobachtungen, nach dem in (33) angezeigten Verfahren ausgeführt, gaben folgende Zahlen:

Ordnungszahl der Schwingungen	Mittlere Zeit	Schwingungsbogen
2	3^h 30′ 31ˢ32	726·28
82	4 5 37·58	481·48
162	4 40 43·69	332·22

um 4^h 43′ Temperatur $= + 13{,}^{\circ}4$ Réaumur.

Diese Beobachtungen, wenn sie wie die früheren Schwingungsdauern behandelt werden, geben

für die erste Schwingungsdauer . . . = 26^{s}32825
Corr. wegen des Schwingungsbogens = — 0·00156
für die zweite Schwingungsdauer . . = 26·32638
Corr. wegen des Schwingungsbogens = — 0·00071

daher im Mittel

26^{s}32618 bei + 13°6 Réaum.

Die Gewichte wurden nun auf Nr. 0 und 700 aufgehängt, das ist, auf den beiden von der Mitte der Querleiste entferntesten Spitzen.

Um 4^h 58′ Temperatur = + 13°6 Réaum.

Ordnungszahl der Schwingungen	Mittlere Zeit	Schwingungsbogen
3	5^h 1′ 41^{s}28	892·36
63	5 42 35·07	669·44
123	6 23 28·68	509·54

Um 6^h 27′ Temperatur = + 13°3 Réaum.

Daraus findet man auf dieselbe Weise wie früher

die erste Schwingungsdauer = 40^{s}89650, Correct. = — 0^{s}00413
die zweite „ „ = 40·89350, „ = — 0·00247

daher im Mittel

. . . . 40^{s}89170 bei + 13°45 Réaum.

e) Gleichzeitige Beobachtungen am Bifilar-Apparate.

Aus den Beobachtungen am Bifilar-Apparate, bei dem der Werth eines Scalentheiles $\frac{1}{22800}$ der horizontalen Intensität beträgt, wurden durch Interpolation folgende mit den Hauptbeobachtungen gleichzeitige Ablesungen abgeleitet, wobei zu bemerken ist, dass die Zahlen mit der Intensität zunehmen, und dass der Temperatur-Änderung von 1° Cent. eine Änderung der Intensität von 14·54 Saclentheilen entspricht.

Für die Ablenkungen ergeben sich folgende correspondirende Stände:

10^h 44′ . . 845·47		
10 47·5 . . 846·75	846·48 + 15°6 Cent.	
10 51 . . 847·22		
10 56 . . 847·41		
11 0 . . 848·07	847·87 + 15·7 „	
11 4 . . 847·84		

11^h 10′ . . 847·73		
11 14 . . 848·18	}	848·31 + 15°8 Cent.
11 18 . . 849·01		
11 22·5 . . 850·40		
11 26·5 . . 852·10	}	852·09 + 15·9 „
11 30·5 . . 853·78		

Die den Schwingungsdauern entsprechenden Mittel der Ablesungen am Bifilarapparate sind:

1^h 15′ . . . 865·76 + 16°7 Cent.
4 6 . . . 865 92 + 17·65 „
5 42·5 . . . 858·96 + 17·0 „

f) Reduction der Ablenkungen.

Sowohl die gleichzeitigen Beobachtungen am Hilfsapparate, als auch jene am Hauptapparate müssen nach (36 u. 37) wegen Änderung der Magnetkraft und der Temperatur corrigirt werden, und es sind desswegen die Tangenten der Ablenkungen mit $\frac{H+s+k.c}{H}$ (nach 36) und mi $1 + ap$ (nach 37) zu multipliciren,

wo $s = S - S_0$ dem Unterschiede zwischen dem beobachteten und dem Normalstande am Stabe des Bifilar-Apparates,

$c = C - C_0$ dem Unterschiede zwischen der an demselben Apparate beobachteten und der Normaltemperatur,

$\frac{1}{H}$ der Werth eines Scalentheiles,

k der Wärme-Coëfficient des Stabes im Bifilarapparate,

p „ „ „ „ Hauptstabes A

$a = a_1 - a_0$ der Unterschied zwischen der am Hauptstabe beobachteten und der Normaltemperatur ist.

Es ist $S_0 = 855$, $C_0 = 16°$ Cent., $p = 0·000765$, $a_0 = 13°$ Réaum. und wie schon früher bemerkt wurde, $H = 22800$, $k = 14·54$. Zur Auffindung der Tangenten aus den beobachteten Ablenkungen ist (wie in 31) $2D = 9639·3$, $l = 209·5$, daher die dort gegebene Tafel anwendbar. Bezeichnet man mit A die beobachteten Ablenkungen (von denen man jedoch zur Vereinfachung

der Rechnung das Mittel der bei gleicher Entfernung und bei südlicher und nördlicher Lage des Ablenkungsstabes gefundenen Zahlen nehmen kann), mit B die aus der Tafel (in 31) genommenen, mit $B_{,}$ die reducirten Tangenten der Ablenkungswinkel, so stellt sich die Rechnung folgendermassen:

	$R = 2600$	$R = 1900$
$2A$	406·270	1080·708
A	203·135	540·35
B	203·05	538·67
C	$+15^{\circ}75$ Cent.	$+15^{\circ}75$
$c = C - C_0$	— 0·25	— 0·25
S	848·48	848·04
$s = S - S_0$	— 6·52	— 6·96
$k.c$	— 3·63	— 3·63
H	22800·00	22800·00
$H+s+kc$	22789·85	22789·41
$log. (H+s+kc)$	4·3577415	4·3577331
$log. H$	4·3579348	4·3579348
a_1	$+12^{\circ}4$ R.	$+12^{\circ}4$
$a = a_1 - a_0$	— 0·6	— 0·6
$1+ap$	0·999541	0·999541
$log. \frac{H+s+kc}{H}$	9·9998067—10	9·9997983
$log. (1+ap)$	9·9998006—10	9·9998006
$log. B$	2·3076030	2·7313228
$log. B_{,}$	2·3072103	2·7309217
$B_{,}$	202·87	538·17

g) Reduction der Schwingungsdauern.

Die Schwingungsdauern sind bereits wegen der Grösse des Schwingungsbogens corrigirt oder, wie man zu sagen pflegt, auf einen unendlich kleinen Schwingungsbogen zurückgeführt, sie müssen aber noch wegen Temperatur, Änderung der Intensität, wegen des Ganges der Uhr und der Drehung des Fadens corrigirt werden. Der voreilende tägliche Gang der Uhr ist $h = 1^{s}76$, und für die Torsion wurde oben (c) bei unbelastetem Stabe $n = 703{\cdot}3$, bei belastetem Stabe $n = 486{\cdot}0$ gefunden. Hieraus ergibt sich, wenn t die beobachtete, t_1 die reducirte Schwingungsdauer bedeuten, folgende Rechnung:

	Ohne Gewichte	Gewichte auf	
		250 u. 450	0 u. 700
t	$24^{s}05535$	$26^{s}3262$	$40^{s}8917$
C	−16°7 Cent.	−17°65	+17°0
$c = C - C_0$	+ 0·7	− 1·65	+ 1·0
S	865·76	865·92	858·96
$s = S - S_0$	+10·76	−10·92	+ 3·96
$k.c$	+10·18	+23·99	+14·54
H	22800·00	22800·00	22800·00
$H + s + k.c$	22820·94	22834·91	22818·50
a_1	+13°1 Réaum.	+13°6	+13°45
$a = a_1 - a_0$	− 0·1	+ 0·6	+ 0·45
$1 + ap$	1·000076	1·000459	1·000344
$log. (H + s + k.c)$	4·3583335	4·3585993	4·3582871
log. H	4·3579348	4·3579348	4·3579348
$log. \frac{H + s + k.c}{H}$	0·0003987	0·0006645	0·0003523
Compl. $log. (1 + ap)$	9·9999670	9·9998007	9·9998506
$log. \frac{(86400)^2}{(86400 + h)^2}$	9·9999822	9·9999822	9·9999822
$log. \frac{n+1}{n}$	0·0006171	0·0008927	0·0008927
$log. t^2$	2·7624234	2·8407764	3·2232704
$log. t_1^2$	2·7633884	2·8421165	3·2143482

h) Endergebniss.

Um aus den reducirten Beobachtungen die Grössen $\frac{M}{T}$ und MT (in 26) zu finden, in denen M das magnetische Moment des Stabes, T den horizontalen Theil der Magnetkraft der Erde bedeutet, ist

für die Entfern. $R = 1900$ die reduc. Tang. d. Ablenk. $B = 538{\cdot}17$

„ „ „ $R_{,} = 2600$ „ „ „ „ „ $B_{,} = 202{\cdot}87$

$2D = 9639{\cdot}5$ und $n' = 967{\cdot}74$

wo n' der Drehungs-Coëfficient für den Hilfsstab ist. Man findet die Grösse $\frac{M}{T}$ aus

$$L = \frac{R_{,}^5 B_{,} - R^5 B}{R_{,}^2 - R^2}$$

$$\frac{M}{T} = \frac{L}{2D}\left(\frac{1 + n'}{n}\right).$$

Bezeichnet ferner

t die reducirte Schwingungsdauer ohne Gewichte,

t' „ „ „ mit den Gewichten auf 0 u. 700

t'' „ „ „ „ „ „ „ 250 u. 450

und ist $2r_{,}$ die Entfernung der Punkte 0 und 700

„ „ $2r_{,,}$ „ „ „ „ 250 und 450

„ „ $2p$ die Summe beider Gewichte in Milligrammen, so hat man

$$r_{,} = 349{,}8856$$
$$r_{,,} = 99{,}98735$$
$$2p = 999990$$

und man findet, wenn π das Kreisverhältniss anzeigt,

$$MT = \frac{2\,p\,\pi^2\,(r_{,}^2 - r_{,,}^2)}{t_{,}^2 - t_{,,}^2}$$

und das Trägheitsmoment des Stabes A

$$K = \frac{MT\,.\,t^2}{\pi^2}.$$

In dem gewählten Beispiele ist

$$5\,log.\,R_{,} = 17\cdot0748665 \qquad 5\,log.\,R = 16\cdot3937680$$
$$log.\,B_{,} = 2\cdot3072178 \qquad log.\,B = 2\cdot7309195$$
$$log.\,(R_{,}^5\,B_{,}) = 19\cdot3820943 \qquad log.\,(R^5\,B) = 19\cdot1246875$$

$$R_{,}^5\,B_{,} - R^5\,B = 1077811 \times 10^{13},$$
$$log.\,(R_{,}^5\,B_{,} - R^5 B) = 19\cdot0325426$$
$$log.\,(R_{,}^2 - R^2) = 6\cdot4983106 \qquad R_{,}^2 - R^2 = 3150000$$
$$log.\,L = 12\cdot5342320$$

$$log.\,\frac{n'+1}{n'} = 0\cdot0004485$$
$$\text{Compl. } log.\,2\,D = 6\cdot0159455-10$$
$$log.\,\frac{M}{T} = 8\cdot5506260$$

$$r_{,}^2 = 122419\cdot9 \qquad t_{,}^2 = 1676\cdot287$$
$$r_{,,}^2 = 9999\cdot47 \qquad t_{,,}^2 = 695\cdot211$$

$$log.\,(r_{,}^2 - r_{,,}^2) = 5\cdot0508528$$
$$log.\,2p = 5\cdot9999957$$
$$log.\,\pi^2 = 0\cdot9942997$$
$$\text{Compl. } log.(t_{,}^2 - t_{,,}^2) = 7\cdot0082973-10$$
$$log.\,MT = 9\cdot0534455$$

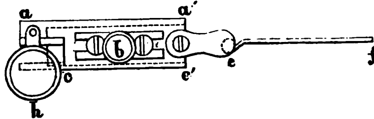
I. Bestimmung von M (magnet. Moment).	II. Bestimmung von T (horiz. Theil der Erdmagnetkraft).	III. Bestimmung von K (Trägheitsmoment des Stabes).
$log.\ MT = 9\cdot0534455$	$log.\ MT = 9\cdot0534455$	$log.\ MT = 9\cdot0534455$
$log.\ \frac{MT}{T} = 8\cdot5506260$	$log.\ T = 0\cdot2514098$	$log.\ t^2 = 2\cdot7633884$
$log.\ T^2 = 0\cdot5028195$	$log.\ M = 8\cdot8020357$	$Cpl. log. \pi^2 = 9\cdot0057003-10$
$log.\ T = 0\cdot2514098$	$M = 633921700$	$log.\ K = 10\cdot8225342$
$T = 1\cdot78406$		$K = 66456000000$

42. Intensitätsbestimmung mit dem magnetischen Theodoliten.

Die Intensitätsbestimmung mit dem magnetischen Theodoliten ist viel weniger umständlich, als jene mit dem Magnetometer, besonders, wenn, wie es bei den in der Werkstätte des Herrn Lamont angefertigten derartigen Instrumenten der Fall ist, die Constanten von ihm selbst bestimmt und dem Beobachter mitgetheilt werden. Eine Änderung dieser Constanten im Verlaufe eines Zeitraumes von mehreren Jahren ist nicht zu fürchten, selbst wenn der Magnetismus der Stäbchen abgenommen haben sollte, wenigstens hat ein von Prag nach München zurückgeschickter Theodolit, der während drei Jahren vielfach benützt worden war, dieselben Werthe der Constanten gegeben, welche nach seiner Vollendung gefunden worden waren.

Der Theodolit ist mit einem Aufsatze *Y Y′ V U* (Fig. 13) versehen, der in einem luftdicht verschlossenen Gehäuse den Magnet *M M′* (Fig. 12) und den daran befestigten Spiegel *N* (Fig. 13) enthält, welcher an einem von der Röhre *L M* umgebenen Faden aufgehängt ist. Die Schiene *U V* dient, um das Magnetstäbchen, das in dem freischwebenden Magnete *MM′* die Ablenkungen hervorbringen soll, in die gehörige Entfernung davon zu legen. Sie ist zu diesem Zwecke, wie man in (Fig. 12) sieht, getheilt und mit kleinen Löchern versehen. Der Auflegmagnet *mn* wird auf einen Schlitten *W* (Fig. 13) gelegt, dessen Einrichtung man auch in Fig. 23 sehen kann. Er besteht aus zwei kleinen Leisten, *a a′* und *c c′*, welche die Schiene *UV* umfassen und ihm erlauben längs derselben fortzugleiten. In der Mitte trägt er eine Schraube *b*, die durch ein in der Mitte des Auflegmagneten (der in Fig. 23 durch punktirte Linien angezeigt ist) gebohrtes Loch gesteckt wird und dazu dient, den

Fig. 23.



Magnet an dem Schlitten zu befestigen. Die Leisten *a* und *c* des Schlittens, zwischen denen die Mitte der Schiene *UV* sichtbar ist, laufen nach innen in schiefe Flächen aus, auf deren einer ein aus mehreren Strichen bestehender Index eingeschnitten ist, um dem Schlitten seine genaue Stellung geben zu können, welche er dann hat, wenn der mittlere Strich des Index mit einem der über die Schiene gezogenen Striche genau zusammentrifft. Bei dem hier beschriebenen Theodoliten muss die Mitte des Magnetes über der Theilung 10 der Schiene liegen, daher der Mittelstrich des Index mit der Theilung 8 oder 12 der Schiene zusammenfallen, je nachdem der Auflegmagnet den einen oder den anderen Pol gegen den freien Magnet *MM'* zukehrt. Die feine Bewegung dieses Schlittens wird durch einen Winkelhebel *ef* hervorgebracht, der mit einem als Ruhepunkt dienenden Zäpfchen *g* (Fig. 13) versehen ist, welches in eines der in die Schiene eingebohrten Löcher gesteckt wird, worauf man durch die Bewegung des Hebelarmes *ef* den Schlitten verrücken und in die genaue Entfernung von *MM'* bringen kann. Eine über dem Index angebrachte Linse *h* dient, sich von dem genauen Zusammentreffen des Index mit dem über die Schiene gezogenen Striche zu überzeugen.

43. Verfahren bei den Ablenkungen.

Hat man den Theodoliten nivellirt, dem Magnete *MM'* durch Lösung der Schraube *K*, die ihn und den Spiegel festklemmt, eine freie Bewegung gestattet und den Auflegmagnet mittelst des Schlittens in die gehörige Entfernung gebracht, so dreht man das Gestelle *YZZ'Y'* so lange, bis der Magnet *MM'* nicht mehr die Wände seines Gehäuses berührt, sondern frei schwingen kann und der Spiegel im ruhigen Zustande sich nahezu senkrecht auf die Richtung des Fernrohres stellt; hierauf gibt man dem Fernrohre, nachdem man die Klemmschraube *F* angezogen hat, durch die Schraube *ST* eine solche Lage, dass dessen Axe auf der Fläche des ruhenden Spiegels *N* genau senkrecht steht, und dieser das von *R* kommende und durch das Objectiv *P* und das Planglas *O* auf ihn einfallende Licht in das Fernrohr zurückwerfen kann, wodurch unter der schon bei (13) angeführten Vorsicht das Spiegelbild des Fadens sichtbar wird, und, wenn der Magnet beruhigt worden ist, zur Deckung mit dem Faden selbst gebracht werden kann. Man

merkt die Zeit des Chronometers an, wann die Deckung zu Stande gebracht wurde, und liest die Nonien des Kreises ab. Hierauf trägt man den Schlitten sammt dem angeschraubten Auflegmagnete auf die entgegengesetzte Seite der Schiene nach *W'* (Fig. 13) über, verfährt wie früher, und bringt nach beruhigtem Magnete das Spiegelbild mit dem Faden zur Deckung, worauf wieder die Zeit angemerkt und der Kreis abgelesen wird. Diese Ablenkung wird in der Regel von der frühern nicht sehr verschieden sein, wohl aber entsteht eine bedeutend verschiedene Ablenkung, wenn nun der Magnet zwar in *W'* gelassen, aber sammt dem Schlitten gewendet wird, so dass er nun den entgegengesetzten Pol dem freien Magnete zukehrt. Um jetzt das Fernrohr wieder auf das Spiegelbild einstellen zu können, muss man das Gestell *YZ Z'Y'*, nachdem die Klemmschraube *F* gelöst wurde, wieder so lange verrücken, bis der Magnet *M M'* frei wird, und die Einstellung hervorgebracht werden kann. Die vierte Einstellung endlich wird gemacht, nachdem der Auflegmagnet, ohne ihn zu wenden, von *W'* nach *W* übertragen worden und dort in der genauen Entfernung aufgelegt worden ist. Zwischen der zweiten und dritten Einstellung kann man das Thermometer, welches in der Nähe des Auflegmagnetes aufgehängt worden ist, ablesen.

44. Verfahren bei den Schwingungsdauern.

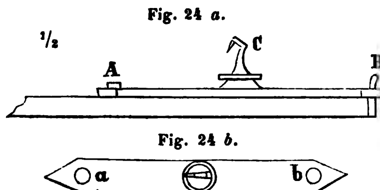
Zur Beobachtung der Schwingungsdauer des Auflegmagnetes wird die Schiene *U V* (Fig. 12), nachdem der kleine Magnet *M M'* durch die Schraube *K* wieder festgeklemmt worden ist, weggenommen, und an ihrer Statt die Glasglocke *de* (Fig. 14) in die Pfanne δ eingesetzt. Vom Teller $\varepsilon\,\vartheta$ wird der Glassturz abgeschraubt und der Magnet *mn* sammt Spiegel γ, an welchen er angeschraubt wurde, an den Faden gehängt, hierauf die Glasglocke wieder so darüber gegeben, dass das Planglas η dem Fernrohr gegenüber steht. Durch Drehen des Gestelles *YZZ'Y'* bringt man es leicht dahin, dass auch der Spiegel η senkrecht auf der Axe des Fernrohres steht, und nachdem er beruhigt und dem Fernrohre durch die Schraube *S T* die gehörige Stellung gegeben worden ist, wird man das Spiegelbild in demselben erblicken, wobei es jedoch sehr räthlich ist, durch einen über die Glasglocke gelegten schwarzen Übersturz von dünner Pappe, welcher nur für das Planglas η eine Öffnung hat, das Seitenlicht abzuhalten, um die Deutlichkeit des Spiegelbildes zu erhöhen. Man kann die horizontalen Schwin-

gungen des Magnets so weit verkleinern, dass sie ungefähr die Hälfte des Gesichtsfeldes betragen, und dann die Beobachtung der Schwingungsdauern nach dem in (35) angedeuteten Verfahren beginnen.

45. Abänderungen am magnetischen Theodoliten.

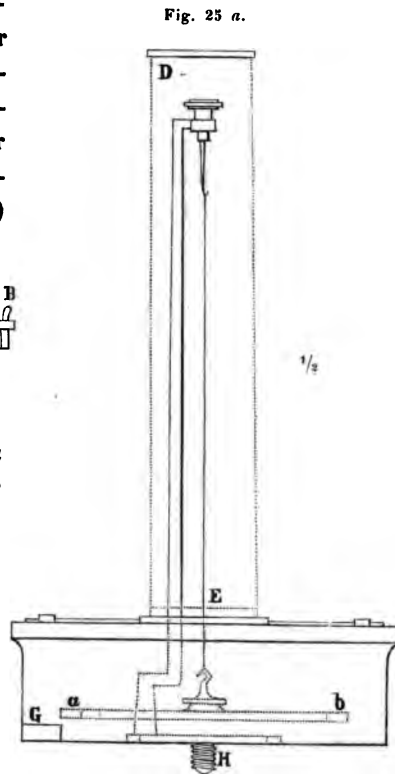
In einem zweiten Theodoliten, der für die Bereisung der österreichischen Monarchie angeschafft wurde, wird der Auflegmagnet ohne Schlitten unmittelbar auf die Schiene (Fig. 24 *a*) gelegt, und ist desswegen (Fig. 24 *b*)

Fig. 24 *a.*



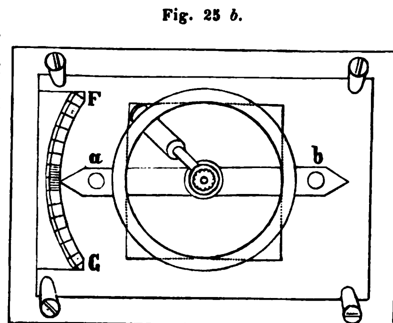
an seinen Enden mit Löchern *a* und *b* versehen, davon eines zur Aufnahme des an der Schiene befindlichen Zapfens *A* dient, während das andere eine ebenfalls an die Spitze angeschraubte elastische Feder *B* umschliesst, die ihn an den Zapfen *A* andrückt und dadurch seine unveränderte Lage und Entfernung vom freien Magnete sichert.

Fig. 25 *a.*



Die Schwingungsdauern werden bei diesen Theodoliten nicht mit dem Fernrohre, sondern mit dem freien Auge beobachtet, wobei man den Magnet mit dem in seiner Mitte befindlichen Häkchen *C* am Seidenfaden aufhängt und in das mit einem Glasdeckel versehene Kästchen (Fig. 25 *a*)

Fig. 25 *b.*



verschliesst, an welchem zu besserer Absperrung gegen die Luft auch der Faden mit der Röhre *D E* umschlossen ist. Auf dem Grunde des Kästchens befindet sich ein in Grade getheilter Kreisbogen *F G* (Fig. 25 *b*), vor welchem die Spitze des Magnetes sehr nahe vorüber streicht, wobei man stets die Zeit des Vorübergangs am Nullpunkte (dem mittleren Punkte) des Gradbogens bei jeder 3. oder 5. Schwingung anmerkt. Da hiebei die Schwingungsbögen viel grösser sein müssen, als im vorigen Apparate, so muss man die wegen der Grösse dieses Bogens nöthige Correction (48 *d*) an die Schwingungsdauern anbringen. Dieser Apparat kann mit der durch den Boden des Kästchens durchgehenden Schraube *H*, die an der Basis des Fadenhälters angebracht ist, an den Theodoliten angeschraubt werden.

46. Correction des Ablenkungswinkels.

Sind v_1 und v_2 die Ablesungen auf dem Kreise, wenn der frei schwebende Magnet von dem Auflegmagnete in derselben Richtung, z. B. mit der Nordspitze gegen Westen; v_3 und v_4 aber die Ablesungen, wenn er gegen Osten abgelenkt wird, so müsste, wenn der Apparat vollkommen wäre, und keine Beobachtungsfehler eintreten würden, $v_1 = v_2$ und $v_3 = v_4$ sein. Die Verschiedenheit dieser Winkel fordert eine Correction, für welche Lamont (Handbuch des Erdmagnetismus S. 31) folgende Formel gibt:

Ist $\delta v_1 = v_1 - v_2$, $\delta v_2 = v_3 - v_4$ und

$$\varphi = {}^1/_4\ (v_1 + v_2 - v_3 - v_4),$$

wo die Theilung des Theodolitenkreises von Norden nach Westen zunehmend gedacht wird, so ist die Correction

$$d\varphi = {}^1/_2\ (\delta v_1{}^2 + \delta v_2{}^2)\ 1{\cdot}0472\ (\tfrac{1}{8}\ tg.\ \varphi + \tfrac{1}{6}\ cotg.\ \varphi) =$$
$$= (\delta v_1{}^2 + \delta v_2{}^2).\ A$$

Die Grössen δv_1 und δv_2 sind in Graden und Zehnteln derselben gegeben, die Correction $\delta\varphi$ erhält man in Minuten und deren Theilen; dann ist der corrigirte Ablenkungswinkel

$$\varphi' = \varphi - d\varphi.$$

Die Berechnung wird durch folgende Tafel der Grösse

$$A = 0{\cdot}5236\ ({}^1/_8\ tg.\ \varphi + {}^1/_6\ cotg.\ \varphi)$$

erleichtert.

φ	A	Diff. für 1°	φ	A	Diff. für 1°
5°	1·003		45°	0·152	—0·0008
10	0·515	—0·0660	50	0·151	+0·0002
15	0·343	—0·0252	55	0·154	+0·0012
20	0·263	—0·0125	60	0·163	+0·0027
25	0·218	- 0·0074	65	0·181	+0·0044
30	0·189	—0·0048	70	0·207	+0·0086
35	0·170	—0·0030	75	0·267	+0·0180
40	0·159	—0·0018	80	0·387	

Beispiel:

$$\varphi = 58° \; 56'7$$

$$\delta v_1 = 2°9 \qquad \delta v_1{}^2 = 8°41$$

$$\delta v_2 = 6·3 \qquad \delta v_2{}^2 = 39·69$$

$$\delta v_1{}^2 + \delta v_2{}^2 = 48·10$$

$$A = 0·160$$

$$d\varphi = (\delta v_1{}^2 + \delta v_2{}^2)\, A = (48·10)\,(0·160) = 7'7$$

$$\text{daher } \varphi' = \varphi - d\varphi = (58° \; 56'7)\,(-\;7'7)$$

$$\varphi' = 58° \; 49'0.$$

47. Vereinfachung der Beobachtungen und Rechnungen.

Man kann sich aus der im vorigen Beispiele (in 41) auseinandergesetzten Intensitäts-Bestimmung überzeugen, dass, wenn man sich bei dem Werthe von T mit vier Decimalen begnügt, in welchem Falle fünfstellige Logarithmen hinreichen, und die Torsion möglichst weggebracht hat, die Ausführung der Beobachtungen so wie ihre Berechnung sehr vereinfacht werden. Die Correction der Schwingungsdauer wegen des Ganges der Uhr kann vernachlässigt werden, so lange er nur eine oder zwei Secunden im Tage beträgt; ebenso die Torsion, welche bei einfachen Seidenfäden um vieles geringer ist als bei zusammengesetzten, um so mehr, da bei den Bestimmungen durch den magnetischen Theodoliten die Nadel durch keine Gewichte beschwert wird, also an einem verhältnissmässig dünneren Faden aufgehangen werden kann. Fällt auch die Correction wegen des Schwingungsbogens weg (was man sich jedoch nur erlauben darf, wenn die Schwingungen mit dem Fernrohre, nicht aber, wenn sie mit freiem Auge beobachtet werden, so bleiben nur die Correctionen wegen Wärme und Änderung der Intensität übrig. Da aber eine Beobachtung mit diesem Instrumente innerhalb des kurzen

Zeitraumes einer halben Stunde bequem abgethan werden kann, so wird man an Tagen und Stunden, wo keine grossen Änderungen der Intensität vor sich gehen, annehmen können, dass die gefundene Intensität dem Scalentheile des Variations-Apparates entspreche, der zur Zeit der Mitte der Beobachtung abgelesen worden ist. In den spätern Vormittags- und ersten Nachmittagsstunden sind diese Änderungen gewöhnlich gering, weil zu jenen Stunden ein Minimum der Intensität stattfindet. Man wird daher gut thun, diese Tageszeit für die Intensitätsbestimmung zu wählen.

Der oben beschriebene, magnetische Theodolit ist mit drei Auflegmagneten versehen, mit welchen man, wenn J die Schwingungsdauer bei der Temperatur t, φ' den corrigirten Ablenkungswinkel bei der Temperatur t' bedeutet, die Intensität durch folgende Gleichungen findet:

$$\left.\begin{array}{l} \text{Magn. 1, Log. Int.} = 0{\cdot}54648 - \log. J - \tfrac{1}{2} \log. \sin. \varphi' - 0{\cdot}0000082\, t' + 0{\cdot}000146\, (t - t') \\ \text{Magn. 2, Log. Int.} = 0{\cdot}53889 - \log. J - \tfrac{1}{2} \log. \sin. \varphi' - 0{\cdot}0000082\, t' + 0{\cdot}000174\, (t - t') \\ \text{Magn. 3, Log. Int.} = 0{\cdot}54045 - \log. J - \tfrac{1}{2} \log. \sin. \varphi' - 0{\cdot}0000082\, t' + 0{\cdot}000114\, (t - t') \end{array}\right\} \quad (M)$$

48. Beispiel der Intensitätsbestimmung mit dem magnetischen Theodoliten.

Am 17. April 1849 wurden mit diesem Theodoliten folgende Beobachtungen in Prag angestellt:

a. Ablenkungen.

Magnet 1.

23h 11'	Chron. Zeit,	$v_1 = 306°22'50$	$t' = +7°0$ Réaum.	$\delta v_1 = 1°9$
23 17	„ „	$v_2 = 304\ 27{\cdot}75$		
23 21	„ „	$v_3 = 193\ 55{\cdot}00$		
23 25	„ „	$v_4 = 191\ 36{\cdot}25$		$\delta v_2 = 2{\cdot}3$

Magnet 2.

23h 31'	Chron. Zeit,	$v_1 = 314°34'75$	$t' = +7°2$	$\delta v_1 = 1{\cdot}3$
23 34	„ „	$v_2 = 313\ 15{\cdot}25$		
23 37	„ „	$v_3 = 179\ 30{\cdot}50$		
23 41	„ „	$v_4 = 182\ \ 2{\cdot}25$		$\delta v_2 = 2{\cdot}5$

Magnet 3.

23h 50'	Chron. Zeit,	$v_4 = 185°43'50$	$t' = +7°7$	$\delta v_2 = 0{\cdot}7$
23 57	„ „	$v_3 = 186\ 27{\cdot}25$		
0 8	„ „	$v_2 = 311\ \ 1{\cdot}10$		
0 15	„ „	$v_1 = 309\ 54{\cdot}35$		$\delta v_1 = 1{\cdot}1$

b. Schwingungen mit kleinen Schwingungsbögen.

Es wurde jeder fünfte Durchgang in Chronometer-Schlägen beobachtet, deren 150 auf die Minute gehen (nach 35).

Magnet 3.

0^{h} 32′	5^{s}	+	33′	99^{s}	+	35′	44^{s}	+	36′	138^{s}	+	
	29	—		123	—		78	—	37	12	—	
	53	+		148	+		93	+		37	+	
	78	—	34	22	—		117	—		61	—	
	102	+		47	+		142	+		86	+	
	127	—		71	—	36	16	—		110	—	$t = 7^\circ 5$
33	1	+		96	+		41	+		135	+	
	26	—		120	—		64	—	38	9	—	
	50	+		145	+		89	+		34	+	
	74	—	35	19	—		113	—		58	—	

Magnet 2.

0^{h} 43′	61^{s}	+	45′	0^{s}	+	46′	90^{s}	+	48′	116^{s}	+ [1]	
	84	—		24	—		114	—		130	—	
	109	+		48	+		138	+	49	13	+	
	133	—		72	—	47	12	—		38	—	
44	7	+		96	+		36	+		61	+	
	31	—		120	—		60	—		85	—	$t = + 7^\circ 3$
	55	+		144	+		83	+		109	+	
	78	—	46	18	—		107	—		133	—	
	103	+		42	+		131	+	50	7	+	
	126	—		66	—	48	5	—		30	—	

Magnet 1.

0^{h} 59′	10^{s}	+	1^{h} 0′	115^{s}	+	2′	71^{s}	+	4′	26^{s}	+	
	35	—		140	—		96	—		51	—	
	60	+	1	16	+		122	+		77	+	
	86	—		41	—		147	—		103	—	
	112	+		7	+	3	29	+		128	+	
	137	—		93	—		48	—	5	4	—	$t = + 7^\circ 2$
1 0	13	+		118	+		74	+		29	+	
	38	—		144	—		99	—		54	—	
	64	+	2	20	+		125	+		80	+	
	90	—		45	—	4	0	—		106	—	

Um aus den Ablenkungen den corrigirten Ablenkungswinkel φ' zu rechnen, hat man:

[1]) Die letzte Reihe wurde um einige Schwingungen zu spät angefangen.

für Magnet 1.

$\frac{1}{2}(v_1 + v_2) =$	305° 25'12	$\delta v_1^2 =$	3·61
$\frac{1}{2}(v_3 + v_4) =$	192 45·62	$\delta v_2^2 =$	5·29
$2\varphi =$	112 39·50	$\delta v_1^2 + \delta v_2^2 =$	8·90
$\varphi =$	56 19·75	$A =$	0·155 (aus d. in 46 gegeb. Taf.)
$d\varphi =$	— 1·38	$d\varphi =$	1·38
$\varphi' =$	56° 18'37	um	23^h 18'5 Chron. Zeit.

Ebenso findet man:

für Magnet 2 . . . $\varphi' =$ 66° 32'84 um $23^h 36'$ Chron. Zeit.
„ „ 3 . . . $\varphi' =$ 62 11·13 um 0 2·5 „ „

Die bei den Schwingungen beobachteten Durchgänge geben die Dauer von 100 Schwingungen

für Magnet 3

	aus der Reihe 1 und 3	aus der Reihe 2 und 4
	3' 39ˢ	3' 39ˢ
	39	39
	40	39
	39	39
	40	39
	39	39
	40	39
	38	39
	39	39
	39	39
Mittel	3' 39ˢ2	3' 39ˢ0

Es ist demnach die Dauer von 100 Schwingungen

3' 39ˢ1 = 3' 15ᵗ64 = 195ᵗ64

also die Schwingungsdauer

$J =$ 1ᵗ9564 um $0^h 35'$ Chronom. Zeit.

Für Magnet 2

	aus der Reihe 1 und 3	aus der Reihe 2 und 4
	3' 29ˢ	3' 116ˢ
	30	116
	29	115
	29	116
	29	115
	29	115
	28	115
	29	115
	28	115
	29	114
Mittel	= 3' 28ˢ9	= 3' 115ˢ2
	= 3' 11ᵗ56	= 3' 46ᵗ08

Da die 4. Reihe verspätet ist, so sind zwischen ihr und der 2. Reihe mehr als 100 Schwingungen gemacht worden, und man wird ihre Anzahl finden, wenn man das Intervall

3' 46ᵗ08 = 226ᵗ08

durch das aus der 1. und 3. Reihe folgende Intervall = 191·56 dividirt. Die Division gibt den Quotienten 118 und die Dauer von 100 Schwingungen ist daher

$$\frac{226^{s}08}{1\cdot 18} = 191\cdot 59$$

und aus der 1. und 3. Reihe = 191·56.
Demnach die Schwingungsdauer J = 1·91575 um 0^h 47′ Chronom. Zeit.

Für Magnet 1.

Auf gleiche Weise findet man für Magnet 1 die beiden Intervalle

3′ 61ˢ0 und 3′ 60ˢ9

und daraus die Schwingungsdauer

J = 2ˢ0478 um 1^h 2′ Chron. Zeit.

c) Ergebniss der Beobachtungen.

Setzt man nun die gefundenen Werthe von J, φ', t und t' in die Gleichungen M (in 47), so werden sie

für Magnet 1

Log. Int. = 0·54648 — 0·31129 — ½ (9·92013) [1] — 0·00006 + 0·000146 (+0·2)
= 0·54651 — 0·27142 = 0·27509

Hor. Int. = 1·8840 um ½ (23^h 18′ + 1^h 2′) Chron., oder da das Chronometer um 1′ zu spät ging, um 0^h 11′ mittl. Zeit [2]).

Für Magnet 2.

Log. Int. = 0·53889 — 0·28234 — ½ (9·96255) — 0·00006 + 0·000174 (+0·1)

Hor. Int. = 1·8847 um ½ (23^h 36′ + 0^h 47′) Chr. Zeit oder um 0^h 13′ mittl. Zeit.

---

[1]) Manchen Rechnern, welche in dem Gebrauche der Logarithmen weniger Übung haben, macht die Behandlung der trigonometrischen Grössen, wenn sie in der Rechnung vorkommen, einige Schwierigkeit. Da jeder Sinus, dessen Winkel nicht 90° beträgt, kleiner als die Einheit (der Halbmesser), mithin ein echter Bruch ist, so muss man die aus der Logarithmentafel genommene Zahl *log. sin.* 56° 18′37 = 9·92013 als gleichbedeutend mit 9·92013 — 10 oder, was dasselbe ist, mit 19·92013—20 annehmen, und dann ist ½ (19·92013—20) = 9·96007 — 10. Die negativen Zahlen der Gleichung sind dann

— 0·31129
— 9·96007 — 10
— 0·00006

Summe = — 10·27142 — 10
= — 0·27142 wie im Texte.

[2]) Das tägliche Zurückbleiben des Chronometers gegen mittlere Zeit betrug 1ˢ6.

Für Magnet 3.

Log. Int. $= 0{\cdot}54045 - 0{\cdot}29146 - \frac{1}{3}(9{\cdot}94668) - 0{\cdot}00006 + 0{\cdot}000114\,(-0{\cdot}2)$
$= 0{\cdot}54045 - 0{\cdot}26488 = 0{\cdot}27557$

Hor. Int. $= 1{\cdot}8861$ um $\frac{1}{2}$ ($0^h\,2' + 0^h\,35'$) Chr. Zeit oder um $0^h\,19'$ mittl. Zeit.

Resultat.

Hor. Int. für Magnet 1	= 1·8840	um 0h 11′	mittl. Zeit.
„ „ 2	= 1·8847	„ 0 13	„ „
„ „ 3	= 1·8861	„ 0 19	„ „
Im Mittel ist daher Hor. Int.	= 1·88493	um 0h 14′	mittl. Zeit.

Zu dieser Zeit gab der Variations-Apparat die auf die Temperatur 0° reducirte Ablesung

$$= 254{\cdot}15$$

d) Schwingungen mit grösseren Schwingungsbögen.

Wenn aber die Schwingungsdauern mit freiem Auge beobachtet werden, so müssen die Bögen viel grösser sein als im vorigen Beispiele, und dann muss man die erforderliche Correction anbringen. Am einfachsten kömmt man dabei zum Ziele, wenn man, vorausgesetzt, dass die Schwingungszahl nicht sehr gross, nicht viel über 100 ist, sie nach der Formel berechnet (Lamont, Handbuch S. 74).

$$Correct. = -\frac{1}{16}\,J^1 \left(\frac{h_1 + h_n}{2}\right)^2 (Sin\ 1°)^2$$

wo J^1 die uncorrigirte Schwingungsdauer,

h_1 der Schwingungsbogen am Anfange,

h_n „ „ am Ende der Reihe ist, beide in Graden und deren Theilen ausgedrückt. So zum Beispiel erhält man für die folgende aus vier Reihen bestehende Beobachtung, in welcher *A*, *B*, *C*, *D* die zu Anfang einer jeden aus 50 Schwingungen bestehenden Reihe angemerkten Schwingungsbögen, *E* den nach der letzten Reihe bemerkten bedeuten, und wo jeder fünfte Durchgang beobachtet wurde [1]:

---

[1]) Die hier angegebenen Schwingungsbögen werden von dem mittleren Punkte der Schwingung, in welchem die Nadel zur Ruhe kommen würde, gerechnet, betragen daher nur die Hälfte des zwischen den beiden Schwingungsgrenzen enthaltenen Bogens.

$A = 11°0$	$B = 8°1$	$C = 5°7$	$D = 4°0$
$23^h 7'$ 2^s3+	$8'$ 36^s7+	$10'$ 11^s7+	$11'$ 46^s5+
11·6—	46·2—	21·2—	56·0—
21·0+	56·0+	30·7+	12 5·3+
30·5—	9 5·7—	40·2—	14·8—
40·2+	15·0+	49·7+	24·2+
49·5—	24·4—	59.3—	33·7—
59·2+	33·7+	11 8·6+	43·2+
8 8·6—	43·0—	18·2—	52·8—
18·0+	52·7+	27·7+	13 2·3+
27·3—	10 2·3—	37·2—	12·0—

$E = 2°8.$

Die aus der 1. und 3. Reihe folgende Schwingungsdauer ist

$$J_1{}^1 = 1^s8963$$

die aus der 2. und 4. Reihe folgende Schwingungsdauer ist

$$J_2{}^1 = 1^s8951.$$

Man findet nun für $J_1{}^1$

$$\frac{h_1 + h_n}{2} = \frac{A+D}{2} = 7°50$$

$2\ log.\ (7°50) = 1·75012$
$2\ log.\ sin\ 1° = 6·48372$
$log\ J_1{}^1 = 0·27791$
$C\ log.\ 16 = 8·79588$
$log\ Correct. = 7·30763$
$Correct. = -0·0020$
$J_1{}^1 = 1·8963$
$J = 1·8943$

für $J_2{}^1$

$$\frac{h_1 + h_n}{2} = \frac{B+E}{2} = 5°45$$

$2\ log\ (5°45) = 1·47280$
$2\ log.\ sin\ 1° = 6·48372$
$log\ J_2{}^1 = 0·27763$
$C\ log.\ 16 = 8·79588$
$log\ Correct. = 7·03003$
$Correct. = -0·0011$
$J_2{}^1 = 1·8951$
$J = 1·8940$

Wenn etwa die Zeit nicht hinreichen sollte, die Bögen *B*, *C* etc. während den Schwingungsbeobachtungen anzumerken, so kann dies auch in einer besonderen, eigens für diesen Zweck veranstalteten Schwingungsreihe geschehen. Diese Bögen können ohnehin, wenn man die Beobachtung stets bei derselben Schwingungsweite beginnt, ein für allemal bestimmt werden, da ihre Werthe in diesem Falle sehr nahe dieselben bleiben.

e) Getrennte Schwingungsreihen.

Wenn man aber, was bei nicht sehr kleinen Magneten keine Schwierigkeit darbietet, jeden dritten Durchgang statt des fünften aufzeichnet, so hat man den Vortheil, dass man nicht ununterbrochen durch alle 200 Schwingungen fortzuzählen braucht, sondern sich nach

je zehn Durchgängen ein paar Minuten Ruhe gönnen kann, und wenn, wie es fast immer der Fall ist, der Schwingungsbogen auch nach 200 Schwingungen noch gross genug ist, um beobachtet werden zu können, so genügen drei Sätze, um eine doppelte Bestimmung für die Dauer von 100 Schwingungen zu erhalten. Die erste Reihe gibt einen hinlänglich genäherten Werth, um aus ihm die Zeit der 100sten Schwingung, also den Anfang der 2. und 3. Reihe berechnen zu können.

Beispiel. An einem Magnete, der eine Schwingung in ungefähr 6·4 Chronometerschlägen machte, wurde jeder 3. Durchgang beobachtet, wodurch man folgende Reihen erhielt:

$1^h\ 22'$	18^s +	$26'$	55^s +	$30'$	89^s +
	37 —		73 —		108 —
	57 +		93 +		127 +
	76 —		111 —		146 —
	95 +		131 +	31	15 +
	114 —		149 —		34 —
	133 +	27	19 +		54 +
23	2 —		38 —		72 —
	21 +		57 +		92 +
	40 —		76 —		110 —

Hat man die erste Reihe vollendet, so kann man sogleich den genäherten Werth berechnen, denn es fanden vom ersten bis zum letzten Durchgange dieser Reihe 27 Schwingungen Statt. Die Zwischenzeit zwischen beiden Durchgängen ist aber $1^m\ 22^s$ oder, da $1^m = 150^s$ ist, 172^s, daher ist der genäherte Werth einer Schwingung $= \frac{172}{27} = 6{\cdot}37$, und 100 Schwingungen werden in 637 Schlägen oder in $4^m\ 37^s$ gemacht.

Will man also die zweite Reihe genau 100 Schwingungen nach der ersten, das heisst so anfangen, dass zwischen dem ersten Durchgange der ersten Reihe und dem ersten Durchgange der zweiten Reihe genau 100 Schwingungen zwischen liegen, so muss man sie um $22^m\ 18^s + 4^m\ 37^s$ also um $26^m\ 55^s$ beginnen, oder eigentlich mit demjenigen Durchgange, welcher dieser Zeit am nächsten liegt und seinem Zeichen nach mit dem ersten Durchgange der ersten Reihe übereinstimmt. Man sieht, dass dieser Durchgang wirklich zu dem berechneten Chronometerschlag eintrat, daher der Näherungswerth einer Schwingungsdauer sehr genau war.

Um die Anfangszeit der dritten Reihe zu finden, kann man eben so verfahren, wie bei der zweiten, man braucht aber nicht einmal diese Rechnung anzustellen, sondern kann sie hinlänglich genau

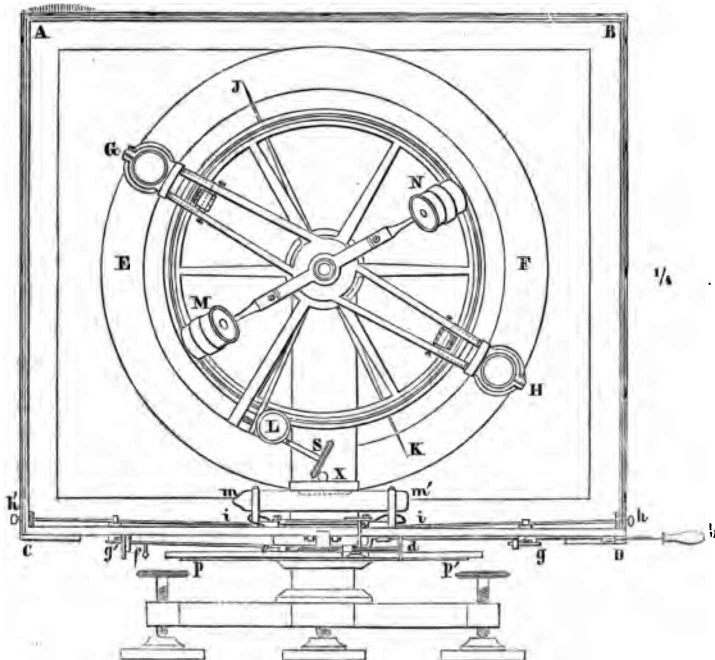
aus dem bereits bekannten Näherungswerthe (637^s) finden, wenn man bedenkt, dass die Schwingungsdauern fortwährend abnehmen, dass man also diesen Näherungswerth um ungefähr 2 Schläge wird verkleinern müssen, um der Wahrheit näher zu kommen. Die dritte Reihe beginnt demnach ungefähr 635^s = 4^m 35^s nach der zweiten, das ist um 26^m 55^s + 4^m 35^s, also um 30^m 90^s, statt welcher Zeit der erste Durchgang um 30^m 89^s beobachtet wurde, also zu einer Zeit die der berechneten so nahe liegt, dass durchaus nicht gezweifelt werden kann, es sei dieser Durchgang wirklich der hundert und erste nach dem ersten der zweiten Reihe gewesen. Das weitere Verfahren, die corrigirte Schwingungsdauer zu finden, ist dasselbe, wie es früher erklärt wurde.

III. Inclination.

49. Beschreibung des Apparates.

Der Apparat, mit welchem die Neigung der magnetischen Kraft gegen den Horizont, die Inclination, beobachtet wird, ist in den Figuren 26 bis 36 abgebildet. Fig. 26 *a* stellt in *ABCD* ein Kästchen

Fig. 26 *a*.



mit Seitenwänden von Kupfer dar, das, wenn das Instrument zur Beobachtung aufgestellt wird, vorne ganz frei, bei der Verpackung jedoch mit einer dünnen Holzwand, die zur Befestigung der hinter ihr befindlichen Bestandtheile dient, bedeckt ist. Die Hinterwand ist von einem Glasdeckel gebildet, und auf ihr ist der breite Kreis *EF* matt geschliffen, damit auf diesem matten Hintergrunde die mit den Mikroskopen *G* und *H* gesehenen Spitzen der Nadel *I* und *K* desto deutlicher erscheinen. Die Mikroskope lassen sich, wenn die Klemmschraube *L* gelöst ist, längs einem getheilten Kreise bewegen, und führen die Nonien mit sich, auf welche die Loupen *M* und *N* (Fig. 26 *b*) eingestellt werden. Der Rand der Nonien ist 174·5 Millim. von einander entfernt, und der Kreis ist von 10 zu 10 Minuten getheilt.

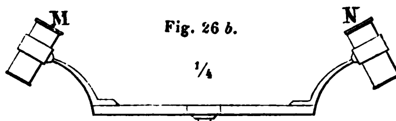


Fig. 26 *b*.

Die feine Bewegung der Mikroskope geschieht durch die Mikrometerschraube *S*, wenn die Klemme *L* geschlossen ist.

Die sinnreiche Art, auf welche der Kreis befestigt ist, ohne durch irgend eine Stütze manche Stellung der Nadel zu verdecken, ersieht man aus dem in Fig. 27 dargestellten Durchschnitte des Instrumentes. *PQ* stellt eine in der Mitte bei *R* durchbohrte Glaswand dar. Durch diese Öffnung geht ein mit einem Schraubengewinde versehener Zapfen, der an dem untern Ende auf der Kreisfläche *TU* aufsitzt, welche an die Glaswand angelegt wird, während auf der entgegengesetzten Seite die Schraubenmutter *VW* dagegen drückt, und den Kreis sammt Zugehör festhält. Die Röhren der Mikroskope reichen bis ganz nahe an diese Glaswand.

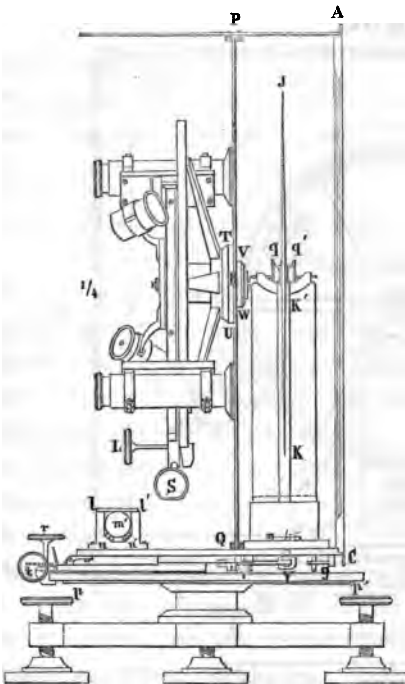
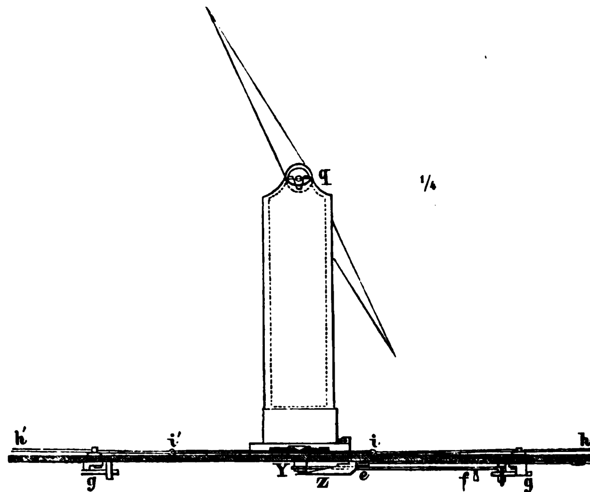


Fig. 27.

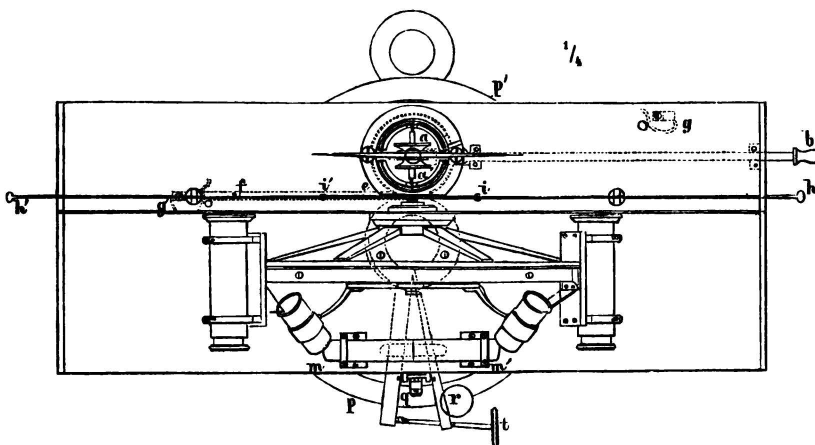
Diese Glaswand *PR* und der Glasdeckel *AC* bilden ein eigenes wohl verschlossenes Fach, in welchem sich die Nadel *IK* befindet, die auf zwei concentrischen Glascylindern aufruht, von denen der äussere, wie man in Fig. 28 sieht, zwei polirte Flächen darbietet, auf

Fig. 28.



denen die dünneren Theile der Zapfen der Nadelaxe während der Beobachtung aufliegen. Der äussere Durchmesser dieses Cylinders ist 34 Millim., der innere ist 27 Millim. Der innere Cylinder, dessen äusserer Durchmesser auch nahezu 27 Millim., dessen innerer Durchmesser 20 Millim. ist, enthält zwei gabelförmige Einschnitte, die

Fig. 29.



bestimmt sind, die dickeren Theile der Zapfen der Nadelaxe (welche in dem Fig. 29 gegebenen Grundrisse bei *a* und *a'* sichtbar werden) aufzunehmen, wenn die Nadel beruhigt oder umgelegt werden soll. Beide Cylinder haben der ganzen Länge nach einen 4·5 Millimeter breiten Durchschnitt *KK'* (Fig. 27), in welchem die Nadel ihre Schwingungen vollbringt. In dem unteren Theile ist überdies ein Loch *X* gebohrt (Fig. 26), durch welches man die untere Spitze der Nadel sieht, wenn sie senkrecht steht.

Der innere Cylinder steht im Beobachtungsstande des Instrumentes, wenn die Nadel mit ihren dünnen Axenenden auf den polirten Flächen des äusseren Cylinders aufliegt, mit diesem gleich hoch wie in Fig. 28 und dann wirken seine Gabeln nicht, sondern lassen der Bewegung der Nadel freien Spielraum, und bezwecken nur, dass sie von ihren ebenen Lagern nicht abgleiten könne. Um sie mit den Gabeln an den dickeren Theilen der Zapfen zu fassen, muss der innere Cylinder ohne dem äusseren erhoben werden können, so dass er die in Fig. 27 dargestellte Lage annehme. Dies geschieht durch einen kleinen Zapfen *Y*, der an der Mitte seiner Basis befestigt ist. Unter diesen wird ein Keil *Z* (Fig. 28 und 30) mittelst der Stange *bd* eingeschoben, die unter dem Boden des Kupferkästchens so angebracht ist, wie es Fig. 26 zeigt, und den Zapfen so wie den daran befestigten Glascylinder so weit hebt, dass die Nadel nicht mehr auf den dünnen Axenenden und den ebenen Lagern, sondern in den Gabeln auf den dickeren Zapfen aufliegt. Dadurch wird ihre Reibung so vermehrt, dass ihre Schwingungen sogleich aufhören, so wie sie auch vor jeder Verbiegung ihrer Axen durch irgend einen Stoss gesichert ist.

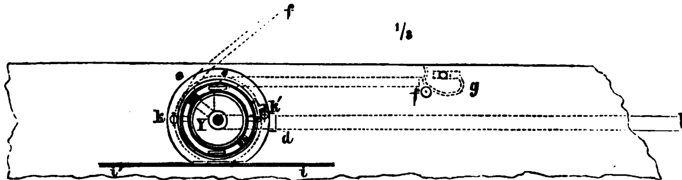
Fig. 30.



Da die Beobachtungen erfordern, dass die Nadel umgelegt werden könne, dass nämlich das Axenende, das nun dem Kreise zugekehrt ist (Fig. 29, *a'*), von ihm weg, und das entgegensetzte (*a*) ihm zugewendet werde, so befindet sich an diesem Cylinder auch eine Vorrichtung, durch welche derselbe sammt der in den Gabeln liegenden Nadel (welche jedoch eine senkrechte Stellung haben muss) um eine verticale Axe gedreht werden kann. Man sieht in der Fig. 26 und 29 unter dem Boden des Kästchens noch eine kleine Stange *e f* mit einem Zäpfchen in *f* zum Anfassen, deren Krümmung

und Verbindung mit dem Zapfen *Y* aus Fig. 31 ersichtlich wird, wo auch die Feder *g* angedeutet ist, welche diese Stange und somit auch den inneren Cylinder im Beobachtungsstande des Instrumentes durch

Fig. 31.



verstärkte Reibung in unverrückter Stellung hält. Wollte man also z. B. den Cylinder sammt Nadel aus der Lage, die er in Fig. 28 zeigt, in die entgegengesetzte bringen, wo die jetzt abgekehrte Gabel dem Beschauer zugewendet ist, so stelle man das ganze Kästchen so, dass die Ebene des Kreises und die Schwingungsebene der Nadel senkrecht auf den magnetischen Meridian stehen. In dieser Lage wird die Nadel, wenn sie auf ihre glatten Lager aufgelegt wird, eine senkrechte Stellung annehmen, und wenn sie diese hat, so hebe man durch Hineindrücken der Stange *bd* (Fig. 26) den inneren Cylinder so, dass sie an den dickeren Enden mit den Gabeln erfasst und gehoben wird. Nun kann durch einen leichten Druck das Zäpfchen *f* aus der Feder *g'* (Fig. 26) losgemacht, um eine halbe Umdrehung herumgeführt und in die Feder *g* eingelegt werden, wodurch die Umlegung des Cylinders und der Nadel, ohne das Kästchen zu öffnen und die Nadel zu beunruhigen, bewerkstelligt ist.

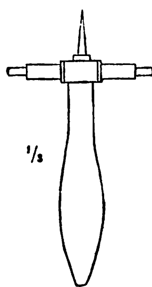
Auch der äussere Cylinder kann bei senkrechter und erhobener Lage der Nadel umgedreht werden, wodurch die Lager ihren Platz wechseln. Dies geschieht durch die auf dem Boden des Kupferkästchens aufliegenden Dräthe *hi*, *h'i'* (Fig. 26, 28, 29), an deren Enden Schnüre angebracht sind, die sich um einen an der Basis des äusseren Cylinders befestigten Ring herumschlingen (Fig. 31) und ihn, wenn sie auf der einen oder der anderen Seite angezogen werden, zu einer Drehung um 180° nöthigen, deren genauer Werth durch die Schrauben *k* und *k'* geregelt wird, an welche ein vom Ringe hervorstehendes Zäpfchen anstösst.

Die verticale Lage des Kreises, der Glaswand und der Cylinder wird durch die auf dem Boden des Kästchens angebrachte Libelle *mm'* (Fig. 26 und 29) angezeigt, welche, wenn ihre Axe mit dem

Boden parallel ist, durch die drei Fussschrauben des Instrumentes dahin gebracht wird, dass die Blase in jeder Richtung des Kästchens einspielt. Ist dieser Parallelismus nicht vorhanden, so muss die Libelle selbst nach dem in (13) angegebenen Verfahren corrigirt werden, zu welcher Correction die zwei Schraubenköpfe n und n' (Fig. 27) dienen, auf denen ihr eines Ende aufruht, und die, nachdem das Klemmblättchen ll' gelockert worden ist, erhöht oder vertieft werden können, wie es ihre Lage erfordert.

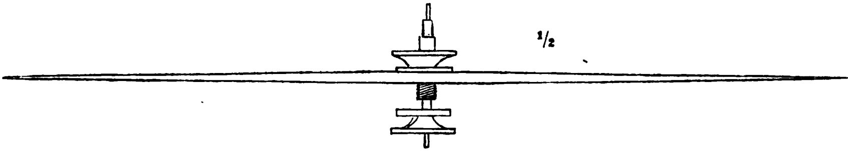
Die gehörige Lage des Kästchens, des Kreises und der Schwingungsebene der Nadel gegen den magnetischen Meridian wird durch einen getheilten Horizontalkreis p p' (Fig. 26, 27, 29) hervorgebracht, der mit einem Nonius q, einer Klemm- und Mikrometerschraube r und t versehen ist. Um den magnetischen Meridian schnell aufzufinden, dient ein Stift (Fig. 32), der an seinem Ende mit zwei in die Gabeln des inneren Glascylinders passenden Zapfen und einer Spitze versehen ist, so dass er in den Cylinder eingelegt und die Nadel einer gewöhnlichen Boussole auf die Spitze aufgesetzt werden kann, welche sich in die Richtung des Meridians stellen, und die Lage des Kästchens angegeben wird, in welcher der Durchschnitt der Cylinder (die Schwingungsebene der Nadel) dieser Richtung parallel ist. Wenn kein solcher Stift vorhanden wäre, so kann man eine Boussole auf den oberen Boden des Kupferkästchens stellen, und während die Inclinationsnadel entfernt wird, der Glaswand eine der Boussole parallele Richtung geben. Endlich kann, jedoch mit weniger Verlässlichkeit, die Inclinationsnadel selbst zur Auffindung des Meridians dienen, indem dies jene Ebene ist, in welcher sich die Nadel vertical stellt, daher man nur das Kästchen so lange zu drehen hat, bis diese verticale Lage erfolgt ist, welche durch das in den Cylindern gebohrte Loch X (Fig. 26) beobachtet werden kann, und nun ist es dem magnetischen Meridian nahezu parallel. Hat man auf die eine oder die andere Weise diese Lage gefunden, so wird die Stellung des Nonius auf dem horizontalen Kreise abgelesen und angemerkt, um das Kästchen nach jeder Drehung wieder in diese Stellung bringen zu können.

Fig. 32.



Die Axen lassen sich aus den Nadeln herausnehmen, wie man aus Fig. 33 sieht, da eines der kreisrunden Blättchen q q' (Fig. 27),

Fig. 33.



das als Schraubenmutter dient, abgeschraubt, und der Axencylinder aus dem in der Nadel ausgedrehten Loch herausgezogen und in anderer Lage wieder hineingegeben werden kann, damit, wenn etwa zu besorgen wäre, dass die Axenenden der Nadel durch vielfachen Gebrauch an dem einen Theile abgenützt seien, eine andere Seite derselben verwendet werden könne. Die Länge einer Nadel ist 233 Millimeter, ihre Breite in der Mitte 9·5 Millimeter, die dünneren Zapfen der Axe haben $1/2$ Millimeter, die dickeren 1 Millimeter Durchmesser.

Das Instrument ist von Repsold in Hamburg mit jener Vollendung ausgeführt, die man an allen aus seiner Werkstätte hervorgehenden Apparaten zu bewundern gewohnt ist. Die Aufhängung des ziemlich gewichtigen Kreises sammt Zubehör an einer nicht sehr dicken Glastafel ohne Gegengewicht, erregte Anfangs einige Besorgniss über die Gebrechlichkeit desselben, besonders während der langen Reisen, wozu es dienen sollte. Allein die vortreffliche Verpackung behob bald jenen Zweifel, und wirklich wurde das Instrument von vierjährigen Reisen, welche zusammen wohl über 2000 Meilen betrugen, ohne der geringsten Beschädigung zurückgebracht.

50. Verfahren bei der Beobachtung.

Das Verfahren, mit diesem Instrumente die Inclination zu finden, ist sehr einfach. Hat man den Boden des Kästchens mittelst der Fussschrauben horizontal gestellt, so dass die Libelle in jeder Richtung einspielt, so suche man den magnetischen Meridian auf eine der Arten, welche früher angegeben worden sind, und lasse das Kästchen in demselben stehen, wobei der Nonius des Horizontalkreises z. B. die Theilung N anzeigt, hebe den inneren Cylinder durch Unterschieben des Keiles Z empor, und lege die Inclinationsnadel in die Gabeln. Hierauf ziehe man den Keil Z sanft zurück, dass sich die Nadel sachte auf ihre Lager begibt, worauf sie, wenn sie nicht schon die gehörige Richtung hat, zu schwingen beginnt.

Durch mehrmaliges Heben und Senken des Gabel-Cylinders, das jedoch stets mit einiger Vorsicht zu geschehen hat, damit die Nadel nicht unsanft auf ihre dünnen Axenenden falle, wird man sie bald zur Ruhe bringen, und kann nun die Klemmschraube *L* lösen, um die Mikroskope auf die Nadelspitzen einzustellen. Im Gesichtsfelde der Mikroskope sind mehrere Spinnfäden gezogen, von denen einige ein spitzes Kreuz bilden, wie es in Fig. 34 bei verticaler Lage des Mikroskopträgers dargestellt ist. Man stellt die Spitze der Nadel auf das mittlere Kreuz ein, hebt und senkt sie mittelst des inneren Cylinders zwei- oder dreimal, um zu sehen ob die Spitze nahezu an demselben Punkte zur Ruhe kömmt, und ob sie nicht eine unregelmässige Bewegung zeigt. Ist dies der Fall, so ist meistens Feuchtigkeit oder feiner Staub auf den Axen und Lagern die Ursache, welches am besten mit einem reinen Tuche beseitigt wird. Ist die Bewegung der Nadel langsam und regelmässig, und kömmt sie immer nahe an demselben Orte zur Ruhe, so liest man mit den Loupen die Nonien des Kreises ab. Hat man den Unterschied der Nonien in der Nähe der in Anwendung kommenden Theilungen vielleicht vor der Beobachtung schon untersucht, so kann man sich mit der Ablesung eines Nonius begnügen, und dieselbe um den halben Unterschied beider corrigiren.

Fig. 34.

1/2

Nun sehe man auch durch das zweite Mikroskop und stelle entweder die Spitze auf das mittlere Kreuz ein, worauf man die Nonien wieder abliest, oder man schätze den Abstand der Spitze vom Kreuze, und verbessere die erste Ablesung um die Hälfte dieses Abstandes. Hiezu dienen die Parallelfäden, welche in dem beschriebenen Instrumente 10 Minuten von einander entfernt sind. Findet man also, nachdem man die erste Spitze auf das Fadenkreuz eingestellt hat, die zweite um $1^1/_2$ Fadenintervall davon abstehend, so wird man die Ablesung der ersten Spitze um 7·5 Minuten corrigiren.

Hat man auf diese Weise die erste Ablesung bewerkstelligt, so geht man zur zweiten über, welche bei entgegengesetzter Lage des Kreises veranstaltet wird. Man dreht nämlich das Kästchen um eine halbe Umdrehung, so dass die Theilung des Verticalkreises, welche früher z. B. gegen Osten gewendet war, nun gegen Westen steht, stellt es wieder in den magnetischen Meridian, indem man

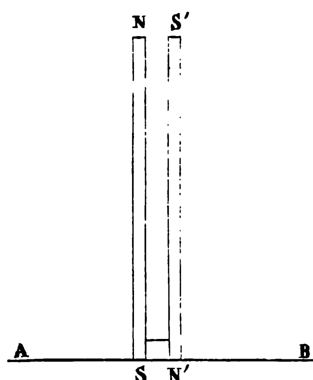
den Nonius des Horizontalkreises auf die Theilung bringt, welche um 180° verschieden ist von der vorigen, nämlich auf $N + 180°$ oder $N - 180°$, beruhigt die Nadel durch Heben und Senken der Gabeln, und untersucht, so wie früher, ob ihre Bewegung ungehindert vor sich geht. Die Ablesung wird so vorgenommen, wie es oben gezeigt wurde.

Nun wird das Kästchen senkrecht auf den magnetischen Meridian gestellt, damit die Nadel eine verticale Stellung annehme, und in dieser Stellung wird sie durch Hebung des inneren Cylinders mit den Gabeln gefasst und erhalten, während man auf die vorher (in 49) angedeutete Weise den Cylinder durch die Stange *ef* (Fig. 31) mit ihr dreht und dadurch umlegt. Hierauf wird das Kästchen wieder in den magnetischen Meridian gestellt, also der Nonius des Horizontalkreises auf *N* oder auf $N \pm 180°$, und sowohl in der einen als in der anderen Stellung eine Ablesung vollbracht, deren nun bereits vier ausgeführt worden sind, nämlich in beiden Lagen der Nadel und des Kreises.

Alle diese Beobachtungen wurden bei derselben Vertheilung des Magnetismus in der Nadel ausgeführt, nämlich so, dass, wenn man z. B. die beiden Nadelspitzen mit *A* und *B* bezeichnet, der Nordpol in der Nähe von *A*, der Südpol in der Nähe von *B* lag, was durch das Zeichen *AN* angedeutet werden mag, während *BN* anzeigt, dass der Nordpol bei *B* lag. Um den Fehler, der sich in das Ergebniss der Beobachtungen einschleichen würde, wenn die Axe, um welche die Nadel schwingt, nicht genau in der magnetischen Axe liegt, möglichst unschädlich zu machen, hat man nun eine Umlegung der Pole zu veranstalten, so dass die Combination *BN* eintritt. Zu diesem Zwecke ist der Apparat mit zwei 293 Millim. langen, 17 Millim. breiten und 7 Millim. dicken magnetischen Stahlstäben versehen, welche dienen, durch Streichen der Nadel den alten Magnetismus aufzuheben, und ihr neuen in entgegengesetzter Richtung mitzutheilen. Die Nadel wird hiebei auf ein hiezu vorbereitetes Stück Holz gelegt, das in der Mitte mit einem messingenen hervorstehenden Zapfen versehen ist, der in das Loch passt, das in der Nadel für die Axe ausgedreht ist. Diese wird herausgenommen, die Nadel auf das Holz gelegt, und durch den Zapfen am Abgleiten verhindert. Will man die Axe nicht herausnehmen, so muss man statt des Zapfens eine Vertiefung und ein Loch im Holze anbringen, in

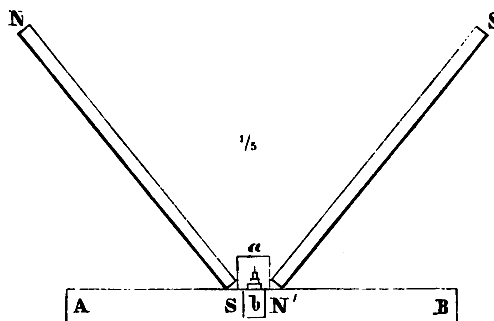
welchem die Axe sammt den Schraubenplättchen *q*, *q'* (Fig. 27) Raum hat. Im ersten Falle, wenn nämlich die Axe herausgenommen wurde, geschieht das Streichen der Nadel am besten, indem man die Streichmagnete in senkrechter Richtung mit den ungleichnamigen Polen auf die Mitte der Nadel aufsetzt, so dass die Enden derselben ungefähr einen halben Zoll von einander entfernt sind, welche Entfernung man durch ein dazwischen gelegtes hölzernes Klötzchen unveränderlich erhalten kann (Fig. 35). Sind *SN* und *S'N'* die beiden Streichmagnete, welche mit ihren ungleichnamigen Polen *S* und *N'* auf der Nadel *AB* aufliegen, und in dieser Stellung mehrere Male gegen *B*, von *B* gegen *A*, von *A* gegen *B* u. s. f. geführt werden, so erlangt die Nadel an jedem Ende einen Pol, der dem nächstgelegenen Pole des Streichmagnetes entgegengesetzt ist, also, wenn *N'* gegen *B*, *S'* gegen *A* gestellt ist, in *B* den Südpol, in *A* den Nordpol. Nach beendetem Streichen bringt man die Magnete wieder in die Mitte, wie sie in der Figur verzeichnet sind, und entfernt sie dann, gleichzeitig mit jedem über das nächst gelegene Nadelende hinstreichend, von der Nadel.

Fig. 35.



Will man jedoch die Axe nicht herausnehmen, und liegt die Nadel mit derselben auf dem Holze wie in Fig. 36, so halte man die Streichmagnete in schiefer Richtung mit den ungleichnamigen Polen an die Mitte der Nadel, ohne an die Axe zu stossen oder sie überhaupt zu berühren, und fahre mit beiden Magneten gleichzeitig gegen das einem jeden nächstgelegene Ende der Nadel, also mit *S*

Fig. 36.



gegen A, während man mit N' gegen B führt. Ist man über die Enden hinausgefahren, so hebe man die Magnete, stelle sie in der Mitte wieder auf die Nadel in der Richtung wie sie die Figur zeigt, und wiederhole das vorige Streichen. Um die Axen gegen einen allfälligen Stoss zu schützen, kann man sie mit einer Messingkapsel ab umgeben, dessen Verlängerungen b die Seitenwände des Holzes umgeben und in Vertiefungen eingreifen, um auch beim Anstossen nicht verrückt werden zu können.

Nach sechs bis acht Strichen wird die Nadel, auch wenn sie früher entgegengesetzt magnetisirt war, mit dem neuen Magnetismus gesättigt sein, und jedes Ende einen Pol haben, der dem entgegengesetzt ist, mit dem es gestrichen wurde. Die Folge dieser Operation ist, dass die Nadel, wenn sie wieder auf ihre Lager gelegt wird, jene Spitze, welche früher nach oben stand, nun nach unten senken wird. War also früher der Magnetismus nach der gewählten Bezeichnung AN, so wird er nun BN sein, oder umgekehrt.

Bei dieser neuen Vertheilung des Magnetismus werden nun wieder vier Beobachtungen angestellt, ganz so, wie früher gezeigt wurde, und aus sämmtlichen acht Ablesungen die Inclination folgender Massen bestimmt:

Sei	bei	AN	bei	1.	Lage	der	Nadel	bei	Kreis Ost	die	Ablesung	a_1,
„	„	„	„	1.	„	„	„	„	Kreis West	„	„	a_2,
„	„	„	„	2.	„	„	„	„	Kreis Ost	„	„	a_3,
„	„	„	„	2.	„	„	„	„	Kreis West	„	„	a_4,
„	„	BN	„	1.	„	„	„	„	Kreis Ost	„	„	a_5,
„	„	„	„	1.	„	„	„	„	Kreis West	„	„	a_6,
„	„	„	„	2.	„	„	„	„	Kreis Ost	„	„	a_7,
„	„	„	„	2.	„	„	„	„	Kreis West	„	„	a_8,

so setze man $P = \frac{1}{8}(a_2 + a_4 + a_6 + a_8)$
$$Q = \frac{1}{8}(a_1 + a_3 + a_5 + a_7)$$

dann ist der Winkel zwischen der Richtung der Nadel und dem Zenith oder die Zenithdistanz der Nadel $= P - Q$,

also die Inclination $= 90^{\circ} - (P - Q)$.

Man pflegt sich gewöhnlich nicht mit einer einzigen Beobachtungsreihe zu begnügen, sondern nach der Ablesung a_8 die Pole wieder umzulegen, eine neue Reihe bei AN zu beginnen, und diese

Wiederholung so lange fortzusetzen, als man es für nöthig erachtet, um ein verlässliches Ergebniss zu erlangen.

51. Beispiel einer Inclinations-Bestimmung.

Am 12. April 1847 zwischen 9 und 10 Uhr Vormittags wurde in Prag die Inclination durch folgende Beobachtung bestimmt:

Meridian bei Kreis Ost $= N = 332°$
„ „ „ West $= N - 180° = 152°$

		Kreis Ost	Kreis West	
Magnetismus *AN*.	1. Lage der Nadel . . .	$a_1 = 44°59'$,	$a_2 = 93°1'$	I.
	2. „ „ „ . . .	$a_3 = 47\ 1$,	$a_4 = 95\ 5$	
Magnetismus *BN*.	1. Lage der Nadel . . .	$a_5 = 47°12'$,	$a_6 = 94°50'$	II.
	2. „ „ „ . . .	$a_7 = 45\ 17$,	$a_8 = 92\ 42$	
Magnetismus *AN*.	1. Lage der Nadel . . .	$a_9 = 44°55'$,	$a_{10} = 93°3'$	III.
	2. „ „ „ . . .	$a_{11} = 47\ 0$,	$a_{12} = 95\ 7$	
Magnetismus *BN*.	1. Lage der Nadel . . .	$a_{13} = 47°8'$,	$a_{14} = 94°48'$	IV.
	2. „ „ „ . . .	$a_{15} = 45\ 6$,	$a_{16} = 92\ 50$	

Die Beobachtungen I. und II. geben	$P = 46°57'25$,	$Q = 23°3'63$
„ „ II. „ III. „	$P = 46\ 57·75$,	$Q = 23\ 3·00$
„ „ III. „ IV. „	$P = 46\ 58·50$,	$Q = 23\ 1·12$
„ „ I. „ IV. „	$P = 46\ 58·00$,	$Q = 23\ 1·75$
Mittel	$P = 46°57'875$,	$Q = 23°2'375$

Zenithdistanz $= P - Q = 23°55'50$

Inclination $= 66°\ 4'50$.

Variations-Apparate.

52. Erfordernisse derselben.

Man wird sich aus den vorhergehenden Beispielen überzeugt haben, dass Variations-Apparate, an denen die Änderungen der magnetischen Elemente gemessen werden, durchaus nöthig sind, nicht nur um den Verlauf oder die Änderungen der magnetischen Erscheinungen in längeren oder kürzeren Zeitfristen zu kennen, sondern auch um die absoluten Werthe dieser Elemente, d. h. jene, die ihnen an einem gewissen Orte und zu einer bestimmten Zeit zukommen, mit jener Schärfe zu finden, die der gegenwärtige

Zustand der Beobachtungsmittel erlaubt. Da ferner die wenigsten Beobachter in der Lage sind, zur Aufstellung der magnetischen Instrumente eigene Gebäude an eisenfreien Orten aufführen zu können, sondern die Bestimmung der absoluten Werthe entweder im Freien oder in einer hölzernen Hütte vornehmen müssen, wo die Instrumente nur zeitweilig hingebracht werden, so ist es nöthig, beide Classen von Beobachtungen, die absoluten und die Variations-Beobachtungen zu trennen, für welche Trennung noch mehr Gründe sprechen.

Man schliesst sogleich auf eine in einem magnetischen Elemente vorgegangene Änderung, wenn in dem zu seiner Beobachtung bestimmten Apparate der Magnetstab einen geänderten Stand zeigt, welcher Schluss aber nur dann richtig ist, wenn man überzeugt sein darf, dass in dem Apparate selbst oder den auf ihn einwirkenden Umgebungen nichts eingetreten ist, das eine solche Änderung ganz oder zum Theil hätte hervorbringen können. Der ungeänderte Zustand des Apparates und seiner Umgebungen ist daher die erste Bedingung, unter welcher man eine Änderung der magnetischen Erdkraft zu erkennen im Stande ist. Da aber, wie man aus dem angegebenen Verfahren bei den absoluten Bestimmungen ersehen hat, hiebei manche Abänderungen im Apparate, Umlegen des Magnetstabes, Herausnehmen desselben und Verwechslung mit einem anderen, Beschweren mit Gewichten u. dgl. unerlässlich sind, so darf man schon desswegen Instrumente, an welchen die absoluten Beobachtungen vorgenommen werden, nicht zu Variations-Beobachtungen geeignet ansehen, weil man nie versichert sein kann, dass nach denselben auch bei der grössten Vorsicht die einzelnen Bestandtheile genau die gegenseitige Lage haben wie vorher, und ihr Stand nicht ein anderer geworden sei. Da man übrigens, um die absoluten Bestimmungen genau auszuführen, ohnehin noch einen zweiten Apparat braucht, an welchem gleichzeitig die Variationen angemerkt werden, so ist obige Bedingung leicht zu erfüllen. Man hat nur diesen Variations-Apparat an einem Orte aufzustellen, wo er so wenig als möglich gestört wird, und wo auch in seinen nächsten Umgebungen keine Änderung vorgeht, die auf seinen Stand Einfluss ausüben könnte.

Die Variations-Beobachtungen müssen, wenn sie Ergebnisse liefern sollen, in kürzeren Zwischenzeiten ausgeführt (an manchen

Beobachtungsorten geschieht dies von Stunde zu Stunde) und durch eine Reihe von Jahren fortgesetzt werden, wodurch in Beziehung auf die Localität eine zweite Bedingung gesetzt wird, nämlich eine bequeme Zugänglichkeit und möglichste Nähe von der Wohnung der Beobachter. Dagegen darf man in Betreff des bei den absoluten Beobachtungen als Hauptbedingung erforderten Umstandes, dass die Umgebung völlig frei von Eisen und allen auf den Magnetismus einwirkenden Stoffen sei, hier nicht mit derselben Ängstlichkeit zu Werke gehen: nur dürfen, wie es sich von selbst versteht, diese im Bereiche des Apparates befindlichen Eisenmassen nicht übermässig gross sein, und ihren Platz nicht ändern, weil mit jeder solchen Änderung auch eine Änderung in dem Stande der Magnetstäbe vor sich geht.

Die Unveränderlichkeit des Apparates schliesst auch die des Fernrohrs in sich, mittelst welchem die Scalentheile abgelesen werden. Um sich hievon zu überzeugen, stellt man an einigen Orten, besonders wo eigene Observatorien erbaut werden, den Apparat in die Mitte des Beobachtungssaales, so dass der Spiegel nahezu in derselben Entfernung sich befindet von dem Fernrohre, wie von der demselben gegenüberstehenden Wand, und bringt auf dieser ein Zeichen an, das als Mire dient, und an welchem der Stand des Fernrohres geprüft wird. So ist auf der den Beobachtungssaal zu Göttingen darstellenden Zeichnung (Fig. 10) die Mire durch einen darneben gezeichneten Pfeil kenntlich gemacht. Wo die zu einer solchen Stellung der Mire erforderliche Räumlichkeit nicht vorhanden ist, leistet eine Spiegelmire dieselben Dienste. Wenn sich nämlich unmittelbar unter dem am Magnetstabe angebrachten Spiegel eine feste Unterlage befindet, so kann man auf derselben einen zweiten fixen Spiegel anbringen, der von dem beweglichen des Magnetstabes nur so weit entfernt steht, dass jede Berührung vermieden ist. Diesem fixen Spiegel gibt man eine solche Stellung, dass er einen Theil der Scale in das Gesichtsfeld des Fernrohrs wirft, welche sich von dem durch den Magnetspiegel sichtbar gemachten Scalenstücke durch ihre Unbeweglichkeit unterscheiden wird. Diese unbewegliche Scale kann als Mire dienen, indem, so lange der Mirenspiegel und das Fernrohr unveränderlich sind, stets derselbe Scalentheil unter dem Faden des Fernrohres erscheinen muss. Dem Spiegel kann man dieselbe Festigkeit geben, welche die Wand selbst besitzt, und dann

wird man die Änderungen, die er anzeigt, den kleinen Verrückungen des Fernrohres zuschreiben und dasselbe entweder auf seinen früheren Stand wieder einstellen oder, was noch zweckmässiger ist, den Unterschied der Angaben beider im Gesichtsfelde ersichtlichen Scalen als Ergebniss der Beobachtung, und die Änderungen dieses Unterschiedes als die in der magnetischen Kraft vorgegangenen Variationen ansehen, eine Ansicht, die man um so weniger wird bestreiten können, je öfter man die Richtigkeit der Angaben der Variations-Apparate durch Vergleichung mit den Ergebnissen absoluter Beobachtungen untersucht, um etwaigen Einfluss der Umgebung, insoferne er nicht ganz unveränderlich sein sollte, zu erkennen und unschädlich zu machen. Da bei dieser Mire und der Art, sie zu benützen, das Fernrohr einen völlig ungeänderten Stand beibehalten kann, so entspricht sie ganz der Hauptbedingung des Variations-Apparates. Ist eine so feste Unterlage, wie hier vorausgesetzt wurde, nicht anzubringen, so kann man den Mirenspiegel auch unmittelbar an der Wand in der durch die optische Axe des Fernrohres gelegten Verticalebene befestigen, so dass seine Ebene senkrecht auf diese Axe steht, wenn das Fernrohr auf ihn gerichtet ist. Statt der Scale kann als Mirenpunkt ein Senkel dienen, welcher an der Decke des Zimmers in solcher Entfernung vom Spiegel angebracht ist, dass die Summe dieser Entfernung und der Entfernung des Objectivs vom Spiegel gleich ist der Summe der Entfernungen der Scale und des Objectivs vom Spiegel am Magnetstabe.

53. Verfahren, die Correctionen anzubringen.

Vermöge der obigen Bedingung ist es auch räthlich, die an diesen Apparaten nöthigen Correctionen auf eine Weise anzubringen, dass sie in ihren Angaben so wenig als möglich gestört werden. Manche Beobachter haben, um möglichst genau zu verfahren, die Drehung des Fadens, an dem der Declinations-Stab aufgehängt ist, öfters untersucht, jedoch nach jeder solchen Untersuchung eine Änderung in der Lage des Stabes gefunden, welche besonders bei mehrfach zusammengesetzten Fäden bedeutend wird, so dass sie diese Untersuchungen aufgaben und die Torsion ein- für allemal oder höchstens in grossen Zeiträumen bestimmten. Bei kleinen Stäben, welche nur ein- oder zweifache Fäden erfordern, kann man diese lang genug machen, damit die Torsion, wenn sie bei der ersten

Aufstellung durch das Torsionsgewicht weggebracht wurde, einen so kleinen Einfluss ausübt, dass er ganz vernachlässigt werden kann; wenigstens wird die aus dieser Vernachlässigung hervorgehende Unsicherheit kleiner sein, als die durch die oftmalige Correction hervorgebrachte. Doch muss man dabei die Vorsicht gebrauchen, den Apparat luftdicht zu verschliessen und das Torsionsgewicht (oder noch besser einen dem Magnetstab an Form und Gewicht gleichen nicht magnetischen Stab) so lange an dem neuen Faden hängen zu lassen, bis der Spiegel keine oder nur eine sehr geringe Änderung zeigt, woraus man schliessen kann, dass der Faden die diesem Gewichte entsprechende Ausdehnung und Lage seiner Theile erlangt habe, und von nun an nur kleine Änderungen in seiner Drehkraft vorgehen werden. Dass man übrigens die Grösse der Torsion auch nach dem früher (in 10) angegebenen Verfahren bei der Aufstellung des Apparates bestimmen könne, versteht sich von selbst, und sollte ihr Betrag nicht zu vernachlässigen sein, so wird er am besten sogleich in den Werth eines Scalentheiles eingerechnet.

Ebenso wird man den Wärme-Coëfficienten vor der Aufstellung des Intensitäts-Apparates nach dem (in 40) erwähnten Verfahren suchen; es kann jedoch hiebei der Zweifel entstehen, ob der plötzliche Übergang von Erwärmung zur Erkältung und umgekehrt, nicht anders auf den Magnetismus wirke, als die allmähliche, in den längeren Zeitfristen der Tages- und Jahreszeiten vor sich gehende Temperaturänderung der Atmosphäre und des Erdbodens. Dieser Zweifel und die schon früher erwähnte Unsicherheit dieser Bestimmung sind Ursache, dass die meisten Beobachter die nicht corrigirten Ablesungen mit Beisetzung der in dem Kasten des Magnetes herrschenden Temperatur angeben, damit man die nöthigen Beobachtungsangaben vor sich habe, ohne welche Ablesungen der horizontalen Intensitäten eben so wenig brauchbar sind als Barometer-Ablesungen ohne beigefügte Temperatur.

54. Berechnung des Wärme-Coëfficienten aus den Beobachtungen.

Wenn man den Werth der horizontalen Componente von Zeit zu Zeit untersucht, oder ihn, wie es die Beobachtungen der letzten Jahre beweisen, für nahezu constant annehmen kann, so ergibt sich der Wärme-Coëfficient aus den Beobachtungen selbst, wenn man

ihn als jene Grösse ansieht, welche die Ablesungen am Variations-Apparate auf den durch die absolute Messung gefundenen vom Einfluss der Wärmeänderung bereits befreiten Werth zurückzuführen hat. Hiebei kann man, wenn der Magnetstab in Beziehung auf seinen Magnetismus schon mehrere Jahre in ungeändertem Zustande gelassen wurde, die Abnahme des Stabmagnetismus vernachlässigen, oder, wenn dies nicht der Fall ist, sie als eine zu bestimmende Grösse in Rechnung ziehen. Die Monatmittel der horizontalen Intensität und der im Kasten des Magnetes abgelesenen Temperatur geben für jeden Monat eine Gleichung, und diese zwölf Gleichungen, die man im Verlaufe eines Jahres erhält, nach der Methode der kleinsten Quadrate behandelt, werden zur Berechnung des als unbekannte Grösse darin erscheinenden Wärme-Coëfficienten dienen. Man erhält auf diese Weise, wenn

a den Wärme-Coëfficienten,

M_1, M_2 . . . die Monatmittel der Ablesungen am Variations-Apparate,

t_1, t_2 . . . die Monatmittel der Ablesungen der Temperatur,

M_0 die auf die Temperatur 0° zurückgeführte Ablesung bedeuten, für jeden Monat eine Gleichung von der Form

$$M_1 + at_1 = M_0$$
$$M_2 + at_2 = M_0 \text{ u. s. f., in welcher}$$

a und M_0 als die zu bestimmenden Grössen angesehen werden.

So findet man aus den Prager Beobachtungen des Jahres 1847, wenn man statt M_1, M_2 . . . . die Monatmittel der für die Stunde 2^h gefundenen Ablesungen in Scalentheilen, und statt t_1, t_2 . . . . jene der gleichzeitigen Temperaturen setzt, folgende Gleichungen

für Jänner . . .	$281 \cdot 75 - a\ (1 \cdot 52) = M_0$
„ Februar	$242 \cdot 51 + a\ (1 \cdot 14) = M_0$
„ März	$226 \cdot 14 + a\ (2 \cdot 34) = M_0$
„ April	$184 \cdot 56 + a\ (6 \cdot 74) = M_0$
„ Mai	$104 \cdot 75 + a\ (12 \cdot 97) = M_0$
„ Juni	$77 \cdot 56 + a\ (14 \cdot 69) = M_0$
„ Juli	$44 \cdot 86 + a\ (77 \cdot 13) = M_0$
„ August	$29 \cdot 91 + a\ (17 \cdot 70) = M_0$
„ September . . .	$68 \cdot 07 + a\ (13 \cdot 44) = M_0$
„ October	$119\ 00 + a\ (8 \cdot 77) = M_0$
„ November . . .	$171 \cdot 68 + a\ (4 \cdot 98) = M_0$
„ December . . .	$197 \cdot 37 + a\ (3 \cdot 07) = M_0$

Aus diesen Gleichungen ergeben sich die wahrscheinlichsten Werthe von a und M_0

$$a = 12{\cdot}3555 \quad , \quad M_0 = 250{\cdot}16.$$

Wenn man diesen Werth von a in die obigen Gleichungen setzt, so sollte, wenn die gemachte Voraussetzung richtig ist, und die Beobachtungen fehlerlos sind, in allen für M_0 der Werth 250·16 herauskommen. Da dies nicht der Fall ist, so hat sich die Magnetkraft des Stabes nicht ganz gleichmässig mit der Temperatur geändert, sondern es war noch eine zweite Quelle dieser Änderungen vorhanden, die wahrscheinlich in der allmählichen Abnahme des Stabmagnetismus zu suchen ist. Die übrigbleibenden Fehler sind nämlich:

für Jänner	+12·81	für Juli	+ 6·35
„ Februar	+ 6·44	„ August	— 1·56
„ März	+ 4·89	„ September	—16·03
„ April	+17·68	„ October	—22·80
„ Mai	+14·84	„ November	—16·95
„ Juni	+ 8·90	„ December	—14·86

Im März des Jahres 1847 gaben die absoluten Beobachtungen für die horizontale Intensität den Werth:

1·87843,

woraus man mittelst der für M_0 übrigbleibenden Fehler auch ihre Werthe in den übrigen Monaten finden kann. So ist z. B. für den Jänner der übrigbleibende Fehler um 7·92 Scalentheile oder, da ein Scalentheil nahe den 0·0001ten Theil der ganzen horizontalen Intensität beträgt, um 0·000792 grösser als im März. Es ist demnach dieser Werth

im Jänner	1·87922	im Juli	1·87858
„ Februar	1·87859	„ August	1·87788
„ März	1·87843	„ September	1·87634
„ April	1·87971	„ October	1·87566
„ Mai	1·87943	„ November	1·87625
„ Juni	1·87883	„ December	1·87645

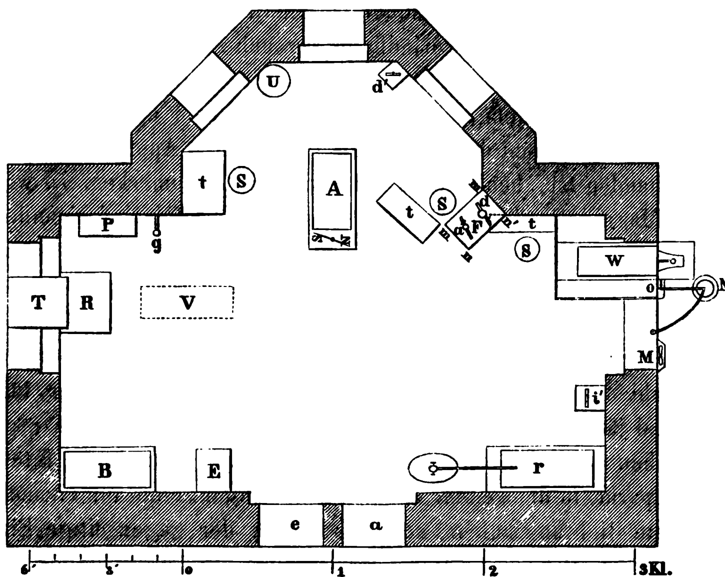
Die Beobachtungen in Greenwich, welche mit einem Wärme-Coëfficienten, der nach dem in (40) angegebenen Verfahren bestimmt wurde, reducirt sind, zeigen einen ähnlichen Gang im Verlaufe des Jahres, wie die Prager, während die Münchner Beobachtungen gar keinen jährlichen Gang andeuten.

55. Zimmer der Variations-Apparate in Wien.

In vielen Fällen steht dem Beobachter zur Aufstellung der Variations-Apparate kein anderes Local, als ein gewöhnliches Wohnzimmer zur Verfügung, welches sich auch ganz gut hierzu eignen wird, wenn nur keine beweglichen Eisenmassen in solcher Nähe sind, dass die Änderungen ihres Standortes eine Verrückung der Magnetnadeln hervorbrächten. Wenn solche Eisenmassen ihren Platz unverändert beibehalten, sind sie weniger zu scheuen. Von der Grösse dieses Locales hängt auch die Ausdehnung ab, die man den Magnetstäben zu geben hat; denn sind zwei oder mehr Apparate in demselben Zimmer aufzustellen, so ist es immer am besten, sie nur so gross zu machen, dass sie in der Entfernung, die man ihnen von einander anzuweisen hat, sich nicht merklich stören, was um so weniger einem Anstande unterliegt, da die Erfahrung gelehrt hat, dass ganz kleine Magnete, wenn man sie luftdicht verschliesst, die Änderungen mit derselben Genauigkeit anzeigen, wie grosse.

Das Gemach, in welchem in Wien die Variations-Apparate für Declination und horizontale Intensität aufgestellt sind, ist aus Fig. 37 ersichtlich.

Fig. 37.



Die Marmorplatte *F* trägt die beiden Fernröhren *d* und *i*, welche auf Holzcylindern ruhen, die in die Marmorplatte fest eingelassen sind. Sie gestatten den Fernröhren eine geringe horizontale und verticale Bewegung. Über ihnen sind die Scalen *mm'* und *nn'* aufgestellt. Das Fernrohr *d* gehört zum Declinations-Apparate, der auf dem Mauertischchen *d'* seinen Platz hat, das andere *i'* zum Bifilare, der sich in *i'* befindet. Die Buchstaben *t* bezeichnen kleine Schreibtische und *s* die zugehörigen Sitze.

Ausser den magnetischen Instrumenten sind auch noch meteorologische und astronomische in diesem Zimmer aufgestellt. *A* ist die autographe Windfahne, *B* das autographe Barometer, *E* das Elektrometer, *r* der autographe Regenmesser, *M* das Maximum Minimum Thermometer, *N* das Psychrometer, *O* das Ozonometer, *W* das autographe Thermo-Hygrometer, *U* ein Tischchen mit einem tragbaren Fernrohr, *G* ein Barometer, *P* die Pendeluhr, *T* ein als Passage-Instrument verwendetes Universale von Repsold, *R* ein Tischchen, *V* eine Öffnung in der Decke des Zimmers zur Beobachtung der Culmination der Polarsterne, *e* der Eingang, *a* der Aufgang auf die Terrasse.

Wenn zwei oder mehrere Apparate in demselben Zimmer aufzustellen sind, so muss man sich auch überzeugen, ob die Einwirkung, die sie auf einander ausüben, erkenntlich ist oder nicht. Dies kann zuerst durch einen vorläufigen Versuch, und nach der Aufstellung dadurch geschehen, dass man den Stab des einen Apparates so wendet, dass er dem andern bald den einen bald den andern Pol zukehrt, und jedesmal die Ablenkung des zweiten Apparates, wenn eine vorhanden ist, beobachtet. Kann man keine bemerken, so wirken die Magnete in dieser Entfernung nicht merklich auf einander. Ist aber eine Ablenkung bemerklich, so sehe man, ob sich auch eine solche wahrnehmen lässt, wenn der Stab des einen Apparates nur um 10, 20, 30 etc. Scalentheile gedreht wird, und leite hieraus, wenn sich eine erkennbare Einwirkung ergibt, die Correction für die verschiedenen Lagen ab, welche der Stab in Folge der täglichen und jährlichen Änderungen einnimmt.

Stehen nur zwei Apparate, ein Declinations- und ein Intensitäts-Apparat, in demselben Zimmer, deren Stäbe eine auf einander senkrechte Richtung haben, so ist es, wenn der gegenseitige Einfluss merklich ist, am besten, sie so zu stellen, dass die Verbindungs-

linie der Mittelpunkte beider Stäbe mit dem magnetischen Meridiane einen Winkel von 35° 16′ macht, weil in diesem Falle die mittlere Richtung des Declinations-Stabes durch ihre gegenseitige Einwirkung nicht abgeändert wird. In Wien konnte kein Einfluss der Magnete auf einander wahrgenommen werden.

56. Declinations-Apparat.

Dieser Apparat, der in Fig. 38 und 39 in zwei Ansichten dargestellt ist, hängt an einem eingemauerten Balken *CD*, der durch

Fig. 38.

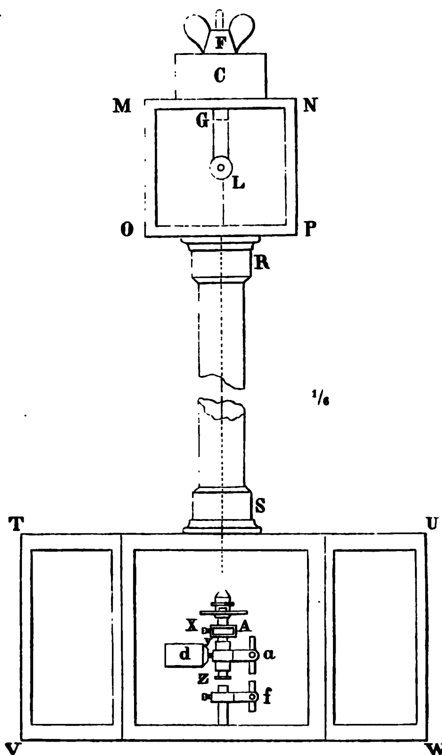
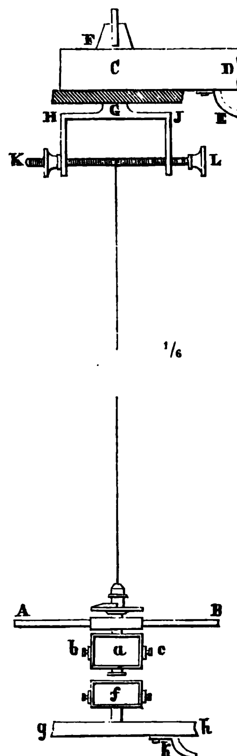


Fig. 39.



die Messingstütze *E* noch mehr befestigt wird. Durch diesen Balken geht der Stift *FG*, der eine Schraube bildet und durch die Mutter *F* die Rahme der Aufhängung fest anklemmt. Die Schraube *KL*, um welche der Faden läuft, ist der in Fig. 2 dargestellten ähnlich, und mit dem Glaskästchen *MNOP* (Fig. 38) umgeben, welches, um die Aufhängung zugängig zu machen, entweder längs der Röhre *RS*

herabgeschoben werden, oder von entgegengesetzten Seiten fensterartig geöffnet werden kann. Im ersten Falle muss die Röhre durch eine ringförmige Klammer an die Mauer befestigt sein, damit sie sich nicht verrücke. Sie ist theilweise oder ganz von Glas, so dass man den 6 Fuss langen, aus vier Seidenfäden bestehenden Faden seiner ganzen Länge nach sehen und sich überzeugen kann, dass er die Mitte der Röhre einnehme.

Ihre Messingfassung greift in *R* in das Glaskästchen der Aufhängung ein, und ruht in *S* auf dem sechseckigen Kästchen *TUVW* auf, dessen Wände gleichfalls von Glas sind und das den Torsionskreis, den Magnet und die beiden Spiegel umschliesst.

Der Faden ist ein vierfacher ungedrehter Seidenfaden.

Der Magnetstab *AB* (hier in schiefer Lage gegen den Spiegel, also verkürzt gezeichnet) hat 6 Zoll Länge, $^1/_2$ Zoll Breite, 1 Linie Dicke und wird in seiner Hülse durch eine Seitenschraube *x* festgehalten. Von der Hülse läuft ein Zapfen *YZ* nach abwärts, von einem Cylinder umschlossen, der die Gabel und in ihr den Spiegel *a* trägt, der sich zwischen den Schrauben *b* und *c* strenge bewegt und dadurch nach auf- und abwärts gerichtet werden kann, so wie die Bewegung des Cylinders um den Zapfen *YZ* eine Verrückung in horizontaler Richtung gestattet. Das Gegengewichtchen *d* dient zugleich als Klemmschraube für den Cylinder. Dieser Spiegel macht also alle Schwingungen des Magnetstabes mit.

Auf gleiche Weise ist der untere Spiegel *F* eingerichtet, nur mit dem Unterschiede, dass der Zapfen, an dem er sich befindet, nicht an der Hülse, die den Magnetstab enthält, sondern an dem Brette oder Steine *gh* befestigt ist, welcher den Kasten *TUVW* trägt, und der, so wie der Balken *CD* in der Mauer vertieft und durch die Stütze *k* befestigt wird. Dieser Spiegel ist daher unveränderlich, und wenn er einmal so gestellt ist, dass er einen Theil der Scale ins Gesichtsfeld des Fernrohres zurückwirft, so dient er als Mire desselben, indem jede Veränderung dieses fixen Scalenbildes auf eine Verrückung des Fernrohres schliessen lässt.

Diese Art, die Spiegel anzubringen, hat den Vortheil, dass das Fernrohr in jeder beliebigen Richtung vom Apparate stehen kann.

Das Schutzkästchen des Apparates *TUVW* muss ebenfalls durch zwei auf entgegengesetzten Seiten angebrachte Thürchen geöffnet werden können, damit man bei allfälligen Änderungen, die am

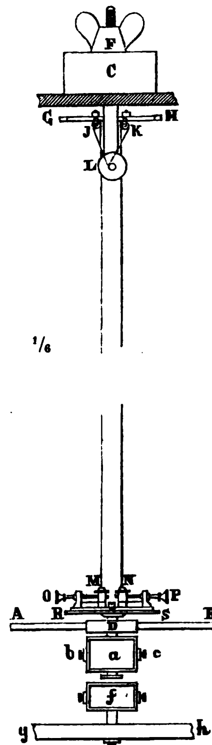
Apparate vorzunehmen sind, diesen in die Hände nehmen könne, ohne das Kästchen zu entfernen. Die gegen das Fernrohr gekehrte Seite muss von gutem Spiegelglase sein, damit die Bilder der Scale nicht verwaschen erscheinen.

Die Zeichnungen aller Theile des Apparates (mit Ausnahme des verkürzten Magnetstabes) sind in $^1/_6$ ihres natürlichen Ausmasses ausgeführt.

57. Bifilar-Apparat.

Bei diesem Apparate ist, wie man aus Fig. 40 sieht, der Magnetstab nicht an einem, sondern an zwei Fäden aufgehängt. Wäre dieser Stab nicht magnetisch, sondern z. B. von Messing oder Holz, so würden sich die beiden Fäden so stellen, dass sie ihrer ganzen Länge nach in eine verticale Ebene fallen. Dies geschieht auch noch, wenn der Stab zwar magnetisch, aber die Ebene, in welche sich die Fäden ohne ihn begeben würden, der magnetische Meridian ist. Wenn aber diese Ebene vom magnetischen Meridiane abweicht, und es wird der Magnetstab *AB* in seine Hülse *D* gelegt, so wird er suchen sich in dem magnetischen Meridian zu drehen. Dadurch werden die Fäden aus ihrer natürlichen Lage gebracht, daher der weiteren Drehung des Magnetstabes ein Hinderniss entgegensetzen, das dieser nicht zu überwinden vermag, so lange seine Drehkraft dieselbe bleibt. Da aber diese mit der Stärke des Erdmagnetismus zu- und abnimmt, während die Drehkraft der Fäden sehr nahe dieselbe bleibt, so lange ihre Entfernung von einander nicht geändert wird, so wird der Magnetstab sich dem magnetischen Meridiane nähern, und die Drehkraft der Fäden mehr überwinden, wenn die horizontale Componente des Erdmagnetismus wächst, und zwar so lange, bis die durch diese Näherung verstärkte Drehkraft der Fäden jener des Magnetes das Gleichgewicht hält. Nimmt aber der Magnetismus ab, so wird das Gegentheil eintreten.

Fig. 40.



Man kann also aus der Stellung des Magnetstabes oder des an ihm befestigten Spiegels *a* die Änderungen erkennen und messen, welche in der horizontalen Intensität des Erdmagnetismus vorgegangen sind, vorausgesetzt, dass man untersucht habe, um wie viel sich die magnetische Erdkraft geändert habe, wenn sich der Magnet um einen bestimmten Winkel, z. B. 10 Scalentheile, gedreht hat.

Die Fäden [1]) müssen eine Drehkraft haben, welche zu jener des Magnetes in einem bestimmten Verhältnisse steht. Da sie unter übrigens gleichen Umständen von der Entfernung der Fäden von einander abhängt, so ist der Apparat so eingerichtet, dass man sie beliebig nähern und entfernen kann. Sie laufen desswegen oben über die zwei Rollen *J* und *K*, die sich in einem Schlitze der Stange *GH* bewegen und durch Schrauben festgestellt werden können. Die unteren Enden der Fäden sind von den oberen Aufhängerollen ungefähr 4 Fuss entfernt und an den Zäpfchen *M* und *N* befestigt, welche in einer auf dem Torsionskreise *RS* angebrachten Coulisse, die für sich drehbar ist, durch die Handschräubchen *O* und *P* genähert und entfernt werden können. Änderungen in der Länge der Fäden werden durch die Aufhängungs-Schraube *L* in derselben Weise vorgenommen, wie durch die gleichbenannte Schraube des Declinations-Apparates, so wie denn auch die übrigen Theile des Apparates: Aufhängebalken, Röhre, Schutzkästen, Magnetstab, Spiegel, Tischchen den früher beschriebenen ganz ähnlich und eben so angebracht sind, wie man zum Theil schon aus der Zeichnung ersieht, welche ebenfalls in $1/_6$ der natürlichen Grösse ausgeführt ist.

Ein grösserer Apparat dieser Art ist in Fig. 41 bis 45 abgebildet, so wie er für einen ungefähr zehnpfündigen Magnetstab auszuführen ist [2]). Es wurde diese Grösse gewählt, weil darin alle Theile der nicht ganz einfachen Vorrichtung, durch welche die Fäden und der Magnetstab in die gehörige gegenseitige Lage

---

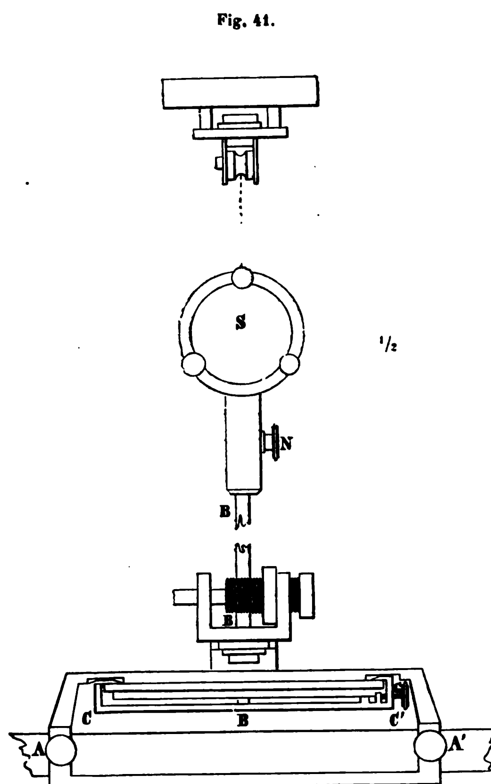
[1]) Es ist am besten, nur einen Faden zu nehmen, der um die beiden Rollen *JK* läuft, und an dessen unteren Enden der Apparat selbst oder gleiche Gewichte angehängt werden. Dadurch spannen sich beide Theile gleichmässig an, und man kann dann ihre Mitte zwischen *J* und *K* mit einem feinen Häkchen oder Zwirnsfaden fassen, durch das in der Schraube *L* gebohrte Loch durchziehen und um die Schraube aufwinden, indem man diese dreht.

[2]) Resultate aus den Beobachtungen des magnetischen Vereins 1837, S. 1 u. s. f.

gestellt werden, zur deutlichen Einsicht gebracht, und von jedem geschickten Mechaniker in beliebigem Maasse ausgeführt werden können.

Fig. 41, 42 und 43 stellen verschiedene Ansichten des Schiffchens vor, in welchem man in Fig. 41 den Magnetstab *AA'* liegen sieht. Es ist mit einem getheilten Kreise versehen, längs welchem sich zwei verschiedene Alhidaden bewegen. Die eine *CC'*, welche durch die Schraube *G* an den Kreis angeklemmt werden kann, dient, wie man aus dem Durchschnitte Fig. 45 sieht, die verticale Stange *BB* mit dem daran befestigten Spiegel *S* zu drehen und diese Drehung zu messen. Die andere *FF'* Fig. 42, welche in einer

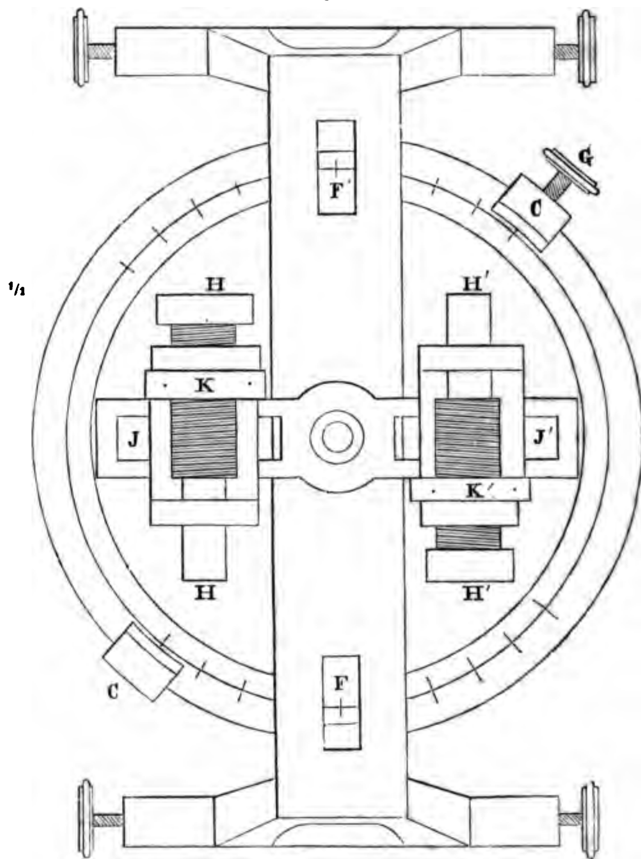
Fig. 41.



Öffnung der oberen Spange des auf der Kreisfläche aufliegenden Schiffchens angebracht ist, durch welche Öffnung die Kreistheilung gesehen werden kann, misst die Drehung des Magnetstabes gegen die Linie, welche durch die unteren Endpunkte der Fäden gelegt ist. Die Fäden sind an den Schrauben *HH* und *H' H'* angeknüpft, und liegen in ihren Schraubengängen, durch welche sie verkürzt und verlängert werden können, je nachdem man die Schrauben dreht. Um sie in gleicher Spannung zu erhalten, ist es am besten, nur einen Faden zu nehmen, ihn mit dem einen Ende an die eine der Schrauben, z. B. *HH* anzuknüpfen, ihn dann um die beiden oberen Aufhänge-Rollen *MM'* Fig. 43 und 44 zu führen, und hierauf sein zweites

Ende an der zweiten Schraube *H' H'* festzumachen. Den Fäden kann durch Näherung oder Entfernung der Schrauben in der Leiste *JJ'*, so wie der oberen Aufhänge-Rollen in ihrer Leiste Fig. 41 und 43 die gehörige Drehkraft gegeben werden, welche immer jene des Magnetstabes um ein Geringes übertreffen soll. Sie sind unveränderlich an dem getheilten Kreise befestigt, drehen sich daher weder mit der einen, noch mit der andern Alhidade. Hat man ihnen die gehörige Länge gegeben, so stellt man die Schrauben durch die Gegenmutter *K* und *K'* Fig. 42 fest.

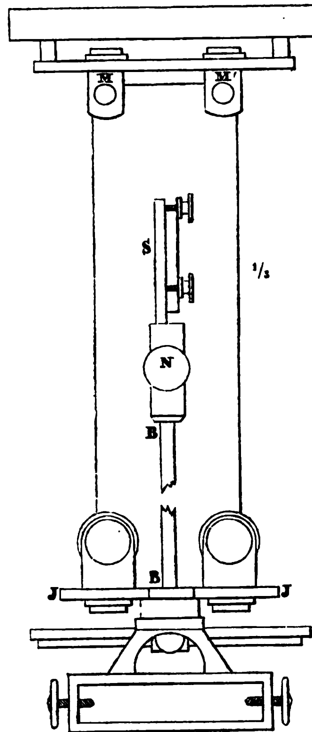
Fig. 42.



Dem Spiegel kann noch für sich, unabhängig von seiner Alhidade *CC'* eine Drehung gegeben werden, da er und die Röhre, die ihn trägt, nur durch die Schraube *N* an die Stange *BB'* angeklemmt

sind, wie man dies schon bei den früher beschriebenen Variations-Apparaten für die Declination gesehen hat. Bei weniger schweren Stäben, wo man die genaue Verticalität der Spiegelebene nicht durch eine geringe Verschiebung des Stabes herstellen kann, ist es vortheilhaft, demselben auch eine Drehung im verticalen Sinne, etwa nach Art der in (56) angedeuteten, zu geben.

Fig. 43.



Damit die beiden Alhidaden in ihren Bewegungen sich nicht gegenseitig stören, und für beide dieselbe Kreistheilung benützt werden könne, muss, wie man aus Fig. 41 und 45 sieht, die erste *CC'* sammt ihrer Schraube *G* unter dem Schiffchen ohne Berührung desselben durchgehen können, und ihr Nonius liegt a u s s e r h a l b der Kreistheilung, jener des Schiffchens *F* aber i n n e r h a l b, wesswegen auch die Zahlen zu dieser Theilung wechselweise nach aussen und nach innen geschrieben sind.

Endlich können auch noch die oberen Aufhänge-Rollen *M* und *M'* um eine Linie gedreht werden, welche mit der Verlängerung der Axe, um welche die unteren Drehungen geschehen, zusammenfällt.

Fig. 44. 1/1

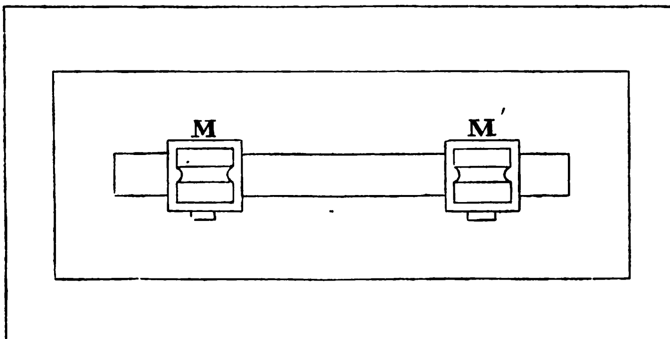
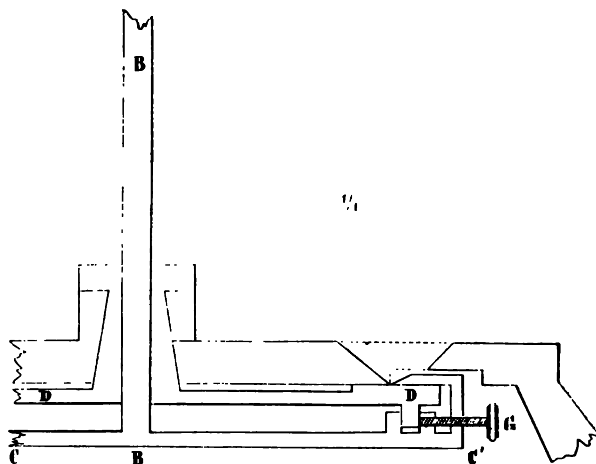


Fig. 15.



58. Aufstellung dieses Apparates.

Wenn man grosse Stäbe als Bifilar-Magnetometer benützt, so muss man dafür sorgen, dass die Fäden an einem hohen Punkte aufgehängt werden, um ihnen die gehörige Länge geben zu können. Denn davon und von der Entfernung der Fäden hängt die Empfindlichkeit des Apparates ab. Wenn die Decke des Saales, wo er aufgehängt werden soll, nicht hoch genug ist, so thut man besser, sie zu durchbohren und die Fäden bis an die Balken des Daches fortzuführen. So wurde in Göttingen ein 25pfündiger Stab an 17 Fuss langen Fäden aufgehängt, deren Entfernung von einander ungefähr 1$^1/_2$ Zoll beträgt. Bei dieser Aufhängung ist die Drehkraft der Fäden zu jener des Magnetstabes, wenn er verkehrt in dem magnetischen Meridian steht, im Verhältnisse 11 : 10.

Hat man den Faden vorgerichtet, der bei grossen Stäben meistens ein Stahl- oder versilberter Kupferdrath ist, das Schiffchen mittelst der Schrauben *H* und *H'* in der gehörigen Höhe daran befestigt, und selbes in einem ähnlichen Kasten wie beim Unifilar-Magnetometer eingeschlossen, so lege man ein dem Magnetstabe gleich grosses nicht magnetisches Gewicht, einen Blei- oder Messingstab, hinein, worauf die Fäden ihre natürliche Lage einnehmen und ihrer ganzen Länge nach in einer senkrechten Ebene stehen werden. Die Alhidade des Schiffchens *FF'* (Fig. 42) wird nun so genau als

möglich in den magnetischen Meridian (für welchen man, wie bei der Aufstellung des Unifilar-Magnetometers, das Mittel aus der grössten und kleinsten täglichen Declination nehmen wird), die Alhidade des Spiegels CC' aber darauf senkrecht gestellt und der eingelegte Messingstab so verschoben, dass der Spiegel sich in der Mitte zwischen den Fäden befindet, so wird seine Ebene sehr nahe vertical, seine Axe nahe horizontal sein. Durch Lösung der Schraube N wird er dann, ohne seine Alhidade mehr zu berühren, um die Stange BB so gedreht, dass er gegen die Scale gewendet ist, welche auch, wenn sie noch nicht im Felde erscheint, nach (4) gesucht und durch Verrücken des Stabes oder bei kleineren Magneten wie die in (56 und 57) beschriebenen durch Drehung des Spiegels hineingebracht werden kann, worauf man nach gehöriger Beruhigung des Stabes durch Beobachtung der Schwingungsgrenzen den Punkt der Scale bestimmt, gegen welchen der ruhende Spiegel gerichtet sein würde.

59. Bestimmung des Verhältnisses der Drehkräfte.

Wenn nun der Magnetstab an die Stelle des Messingstabes eingelegt wird, so hängt es von der Entfernung der Fäden ab, welche Lage er einnimmt. Sind sie so weit von einander entfernt, dass ihre Drehkraft jene des Magnetstabes übertrifft, und hat man früher den nicht magnetischen Stab genau in den magnetischen Meridian gestellt, so wird auch der Magnetstab sich in diesen stellen und darin bleiben, man mag ihn in seiner gewöhnlichen Richtung, nämlich mit dem Nordpol gegen Nord, oder in verkehrter, mit dem Nordpol gegen Süd gekehrt, in das Schiffchen legen. Man lege ihn also zuerst in letzterer Richtung ein, und sehe, ob er sich nicht umwende, nämlich seinen Nordpol nach Nord drehe. Dies wäre ein Zeichen, dass seine Drehkraft stärker ist, als jene der Fäden, in welchem Falle die Fäden, um diese zu verstärken, in ihren Leisten JJ' und HH' (Fig. 42 und 43) von einander entfernt werden müssten. Ist diess so weit geschehen, dass der Magnetstab sich nicht mehr umwendet, sondern in seiner verkehrten Stellung verharrt, so sehe man, ob er in dieser Stellung dieselbe Richtung wenigstens bis auf einige Scalentheile annimmt, welche der nicht magnetische Stab angenommen hat. Weicht er davon ab, so muss man diese Bedingung durch Drehen des Schiffchens und wiederholtes Einlegen des Messing- oder Bleistabes zu erfüllen suchen, was

nach mehreren Versuchen, freilich desto schwerer gelingen wird, je empfindlicher der Apparat ist, oder je mehr die Drehkräfte einander gleich sind. Will man genau verfahren, so muss man auch während diesen Versuchen die Änderungen, die in der magnetischen Kraft vorgehen, durch fortgesetzte Beobachtungen an einem zweiten Apparate berücksichtigen.

Hat man es dahin gebracht, dass die erwähnten Richtungen des nicht magnetischen und des magnetischen Stabes in verkehrter Lage nahe gleich sind, so beobachte man in dieser Lage die Schwingungsdauer des Stabes, welche T sei, und bringe ihn dann in seine natürliche Lage, indem man das Schiffchen, in welchem er liegt, genau um 180° dreht oder den Magnetstab herausnimmt und in verkehrter Richtung einlegt. In dieser Lage beobachte man die Schwingungsdauer wieder, sie sei t. Aus diesen beiden Bestimmungen kann man das Verhältniss der Drehkraft des Stabes M zu jener der Fäden S erkennen, dieses ist nämlich

$$M : S = T^2 - t^2 : T^2 + t^2.$$

Dieses Verhältniss muss der Einheit nahe kommen, wenn der Apparat den gehörigen Grad von Empfindlichkeit besitzen soll, was durch allmähliche Annäherung der Fäden bewirkt wird. Bei dem grossen Bifilar-Magnetometer in Göttingen mit 25pfündigem Magnetstabe ist, wie schon früher erwähnt wurde, das Verhältniss ungefähr

$$M : S = 10 : 11.$$

Beim Prager Apparate, an welchem die Beobachtungen bis zu Ende des Jahres 1845 angestellt wurden, und in welchem ein 5pfündiger Stab lag, waren nach der ersten Aufstellung die Schwingungsdauern (s. magnet. und meteorol. Beobachtungen zu Prag 1. Bd. S. 23):

$$t = 24^s 03, \quad T = 88^s 15$$

woraus folgt:

$$M : S = 10 : 11 \cdot 6.$$

Bei dem an der Centralanstalt für Meteorologie und Erdmagnetismus in Wien aufgestellten Bifilar-Apparat, dessen Beschreibung in (57) gegeben ist, fand man am 31. December 1854

$$t = 5^s 701, \quad T = 22^s 797,$$

woraus sich ergibt:

$$M : S = 10 : 11 \cdot 3.$$

Dies dient zum Beweise, dass sich auch bei kleineren Apparaten die nöthige Empfindlichkeit erreichen lässt.

60. Beobachtungsstand des Bifilar-Apparates.

Derjenige Stand des Magnetstabes, in welchem die magnetische Erdkraft den grössten Einfluss auf seine Stellung ausübt, ist der rechtwinklige, wo nämlich seine Richtung einen rechten Winkel mit dem magnetischen Meridiane macht. Man wird diesen erhalten, wenn man das Verhältniss der Drehkräfte

$$\frac{M}{S} = \frac{T^2 - t^2}{T^2 + t^2} = sin\ z$$

setzt, und den Winkel z aus dieser Gleichung berechnet. Die Drehkraft der Fäden, welche den Magnetstab auch in verkehrter Lage in dem magnetischen Meridian zu bleiben nöthigt, wird nicht mehr vermögen ihn in Ruhe zu erhalten, sobald er durch Drehung des Schiffchens (also ohne Drehung der Fäden) aus der Richtung des Meridians gebracht worden ist, denn dadurch wächst sein magnetisches Moment um so mehr, je mehr sich der Winkel, den seine Richtung mit dem Meridiane einschliesst, einem rechten nähert. Seine Drehkraft bekömmt daher ein Übergewicht über jene der Fäden, und bewirkt, dass sie ihre natürliche Stellung, welche sie bisher eingenommen haben, verlassen und sich mit ihm dem magnetischen Meridian zuwenden, und zwar in derselben Richtung, in welcher die Drehung des Schiffchens vorgenommen wurde, so lange, bis sie hiedurch eine Drehkraft erlangt haben, welche jener des Magnetstabes das Gleichgewicht hält; erst in diesem Falle wird wieder der Ruhestand eintreten. Es lässt sich nun zeigen, dass, wenn man das Schiffchen mit dem in verkehrter Lage inliegenden Magnetstabe aus dem magnetischen Meridiane in irgend einer Richtung, z. B. von Norden gegen Osten, um den Winkel $90° - z$ dreht, und es dann sich selbst überlässt, der Stab sich noch weiter gegen Osten, und zwar um den Winkel z drehen müsse, und dass erst nach dieser zweiten Drehung das Gleichgewicht zwischen den beiden Drehkräften eintreten könne. Dann macht aber der Stab mit dem Meridiane den Winkel

$$90° - z + z = 90°$$

d. h. er steht rechtwinklig auf den Meridian, also in der für die Beobachtungen vortheilhaftesten Richtung.

Da der Spiegel nur durch die zweite Drehung, nicht aber durch die erste, jene des Schiffchens, bewegt worden ist, so drehe man ihn nun mittelst seiner Alhidade um den Winkel z in entgegengesetzter Richtung, also gegen Nord zurück, und er soll dann nahe denselben Scalentheil zeigen, den er früher gezeigt hat, was als eine Probe gelten kann, dass alle Drehungen und Bestimmungen gehörig vollbracht worden sind. Eine zweite Probe bildet die Schwingungsdauer, welche in der rechtwinkligen Lage die mittlere geometrisch Proportionirte zwischen T und t sein muss.

61. Werth eines Scalentheiles.

Die Änderungen der horizontalen Intensität erkennt man mittelst des Bifilar-Apparates, so wie beim Unifilar-Magnetometer, aus den verschiedenen Scalentheilen, welche nach der verschiedenen Lage des Stabes unter dem im Gesichtsfelde des Fernrohres gespannten Verticalfaden erscheinen. Will man sie in Theilen der Horizontalkraft selbst ausdrücken, so muss man den Werth eines Scalentheiles kennen, d. h. man muss wissen, um den wievielten Theil diese Kraft zu- oder abgenommen hat, wenn sich der Stab um einen Scalentheil verrückt. Hiezu ist nöthig, dass man die Entfernung des Spiegels von der Scale abmisst und (nach 9) den Bogenwerth eines Theiles kennt. Diesen Bogenwerth drückt man durch Division mit der Zahl 206264·8 in Theilen des Halbmessers aus, und multiplicirt ihn mit *cotang.* z, wo man z bereits aus dem früher gegebenen Werthe für *sin.* z (60) kennt, oder die Cotangente auch nach einer der Formeln

$$\text{cotang. } z = \frac{2Tt}{T^2 - t^2} \quad \text{oder cotang. } \left(45^\circ + \frac{z}{2}\right) = \frac{t}{T}$$

berechnen kann. So wurde für den grösseren Bifilar-Apparat zu Prag (in 59)

$$t = 24^s03, \quad T = 88^s15$$

und der Bogenwerth eines Scalentheiles

$$W = 18''5757$$

gefunden, woraus sich ergibt

$$log. \frac{t}{T} = log. cotang. \left(45° + \frac{z}{2}\right) = 9·4355315$$

$$45° + \frac{z}{2} = 74° \; 45' \; 5''3$$

$$z = 59° \; 30' \; 10''6$$

log. cotg. z = 9·7700975
log. W = 1·2689452
Compl. *log.* 206264·8 = 4·6855749

log. Werth = 5·7246176
Werth eines Scalentheiles = 0·000053041 oder

$$W = \frac{1}{18853}$$

das heisst, wenn der Stab seine Stellung um einen Scalentheil verrückt, so hat sich die horizontale Intensität um ihren $\frac{1}{18853}$ten Theil geändert.

Ebenso findet man für den kleineren Apparat in Wien den Werth eines Scalentheiles aus der Bestimmung am 31. December 1854:

$$W = 0·00005279 = \frac{1}{18942}.$$

Wegen der Abnahme des Stabmagnetismus ist dieser Werth veränderlich, muss daher von Zeit zu Zeit, etwa zu Anfange eines jeden Jahres bestimmt werden.

Eine andere sehr einfache Methode, den Werth eines Scalentheiles zu bestimmen, gewährt den Vortheil, dass der Magnetstab des Bifilar-Apparates nicht berührt zu werden braucht, setzt aber, um sie genau auszuführen, eine solche Räumlichkeit voraus, dass man zu beiden Seiten desselben so wie auch des Declinationsstabes in gehöriger Entfernung einen kleinen Ablenkungsmagnet anbringen könne, dessen Axe senkrecht auf die des Bifilar-Magnetes, in derselben Horizontal-Ebene und in einer durch dessen Mitte gehende Linie gelegt wird. Sei n die Anzahl der Scalentheile, um welche der Bifilar-Magnet bei der Entfernung D der Mittelpunkte beider Stäbe abgelenkt wird. Man bringe hierauf den Ablenkungsmagnet in eine ähnliche Lage gegen den Stab des Declinations-Apparates, und es sei n' die hervorgebrachte Ablenkung in Scalentheilen, D' die Entfernung der Stäbe, und k' der Bogenwerth eines Scalentheiles am Declinations-Apparate, so hat man den in Theilen der Horizontalkraft ausgedrückten Werth eines Scalentheiles am Bifilar-Apparate,

$$K = K' \text{ tang } 1' . \frac{D'^3}{D^3} . \frac{n'}{n} = K' . 0{\cdot}00029089 . \frac{D'^3}{D^3} . \frac{n'}{n}$$

oder wenn $D' = D$ ist,

$$K = K' . (6{\cdot}4637261) . \frac{n'}{n}$$

wo die eingeklammerte Zahl ein Logarithmus ist.

Bei einem im magnetischen Observatorium zu Dublin nach diesem Verfahren angestellten Versuche hatte der ablenkende Magnet die Länge von 3·67 Zollen und wurde in die Entfernung $D = D' =$ 28 Zolle von beiden Magneten gelegt, so dass er nördlich oder südlich vom aufgehängten Magnetstab des Bifilar-Apparates lag, und sein Nordpol gegen Norden (N), oder gegen Süden (S) gekehrt war; gegen den Declinationsstab wurde er östlich oder westlich gelegt, und sein Nordpol nach Osten (O) oder nach Westen (W) gewendet.

Es wurden folgende Ablenkungen gefunden:

Am Bifilar-Apparate.

	(N)	(S)	(N)	Untersch.
Nördlich . . .	43·7	243·3	42·9	200·0
Südlich . . .	43·9	240·6	42·7	197·3

Am Declinations-Apparate.

	(O)	(W)	(O)	Untersch.
Östlich . .	458·9	295·3	460·4	164·4
Westlich . .	459·1	290·5	466·0	169·4

Daraus wird im Mittel . . . $n = 99{\cdot}32$, $n' = 83{\cdot}45$, und da der Werth eines Scalentheiles am Declinations-Apparate $k' =$ 0'7205 ist, so wird

$$\begin{aligned} log.\ k' &= 9{\cdot}8576340 \\ log.\ n' &= 1{\cdot}9214263 \\ \text{Compl. } log.\ n &= 8{\cdot}0029633 \\ & \quad 6{\cdot}4637261 \\ log. \text{ Werth} &= 6{\cdot}2457497 \end{aligned}$$

$$\text{Werth eines Scalentheiles} = 0{\cdot}0001761 = \frac{1}{5679}.$$

Kann man den Ablenkungsmagnet nicht südlich und nördlich vom Bifilar-Stabe, oder nicht östlich und westlich vom Declinations-Stabe anbringen, sondern nur auf einer Seite, so ist das Ergebniss zwar minder genau, aber doch, besonders zur Vergleichung, noch sehr brauchbar.

62. Inclinations-Apparat.

Fig. 46.

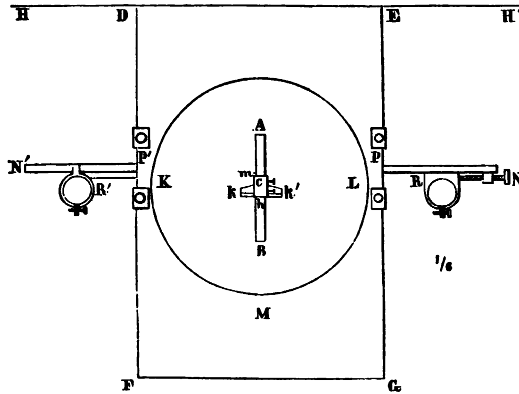
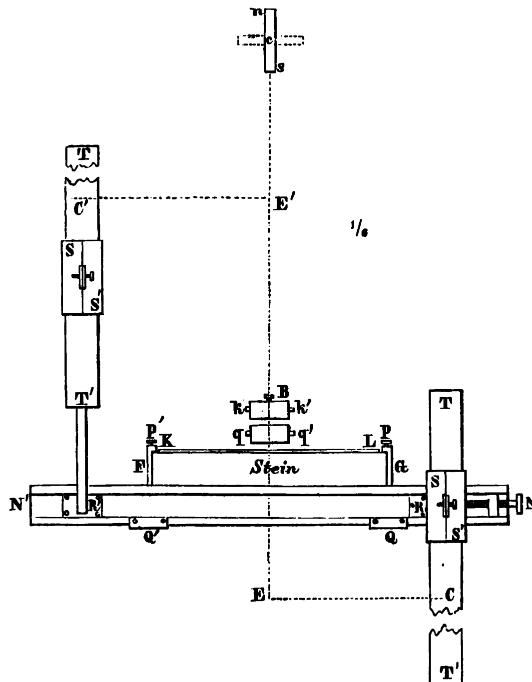


Fig. 47.



Da die früheren zur Messung der Inclinations-Variationen angewendeten Apparate für längere Zeiträume keine ganz sicheren Ergebnisse lieferten, weil die im Verlaufe derselben in der gegenseitigen Lage ihrer Bestandtheile vorgegangenen Änderungen einen grösseren Einfluss auf die Stellung des Apparates und seine Angaben ausübten, als die so geringen Änderungen der Inclination, so hat man in den letzten Jahren einen Apparat zusammengestellt, der auf ein neues Princip, nämlich das der **Induction** gegründet, und welcher in Fig. 46 und 47 abgebildet ist [1]).

---

[1]) Siehe Lamont's Handbuch des Erdmagnetismus, S. 213.

AB ist die an einem langen Faden aufgehängte Magnetnadel, welche in *C* ihren Aufhängepunkt hat, und in der Hülse *mk* liegt, in welcher sie durch Schräubchen oder auf andere Art festgehalten wird. Die Hülse trägt den Spiegel *k k*, welcher auf dieselbe Weise wie in 56 (Fig. 39) eingerichtet sein kann. Die Nadel schwebt über dem Stein *DEFg*, auf welchem ein getheilter Kreis *KLM* so befestigt ist, dass dessen Mittelpunkt unter dem Aufhängepunkte *C* der Nadel zu stehen kömmt. An dem Steine ist (Fig. 47) durch die Klammern *PQ* und *P Q'* die Leiste *NN'* befestigt, in welcher sich durch die Schraube *N* ein Schieber *RR'* bewegen lässt, an dessen Enden die Ringe *SS'* angebracht sind, welche die senkrecht gestellten cylinderförmigen Stäbe von weichem Eisen *TT'* enthalten, in deren unteren Enden *T'* in Folge der Induction des Erdmagnetismus ein Nordpol, in den oberen Enden *T* ein Südpol entsteht, wodurch die zwischen ihnen schwebende Magnetnadel, deren Aufhängepunkt in der durch die Axen beider Cylinder gelegten Vertical-Ebene liegt, abgelenkt wird. Die Grösse der Ablenkung kann durch den Kreis *KML* bestimmt werden, wenn der Mirenspiegel *qq'* mit der Alhidade des Kreises in Verbindung ist, so dass er sich mit ihr dreht. Wird nämlich dieser Spiegel, noch ehe die Eisenstäbe eingelegt sind, so gestellt, dass er denselben Scalentheil wie der obere Spiegel *kk'* in das Gesichtsfeld des Fernrohres wirft, und hat man die Nonien der Alhidade bei dieser Stellung abgelesen, so bringe man dann die Stäbe in jene Lage, welche sie bleibend einzunehmen haben, wodurch sich die Magnetnadel und mit ihr der obere Spiegel um einen Winkel drehen werden. Stellt man dem Spiegel in seiner neuen Lage ein Fernrohr mit einer Scale gegenüber, und dreht den Mirenspiegel *qq'* so, dass er wieder denselben Scalentheil wie der obere in das Fernrohr wirft, so gibt die Ablesung der Alhidade, verglichen mit der früheren, den Winkel, um welchen die Magnetnadel durch die Eisenstäbe abgelenkt worden ist, wobei jedoch, wenn man genau verfahren will, die Änderung der Declination, welche in der Zwischenzeit eingetreten sein kann, in Rechnung zu ziehen ist.

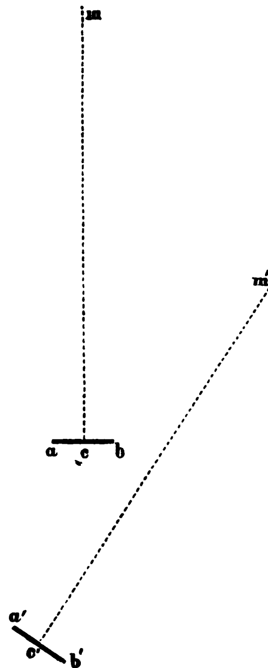
Ein anderes Verfahren, die Ablenkung zu messen, wird später angegeben werden.

Die beiden Stäbe müssen eine gleiche Ablenkung auf die Nadel ausüben, daher sie ohne Änderung ihrer gegenseitigen Entfernung mittelst der Schraube *N* so lange zu verschieben sind, bis

die Ablenkung ihren kleinsten Werth erhält, in welchem Falle ihre Einwirkung auf die Nadel gleich ist.

Der Apparat ist, so wie die übrigen, luftdicht in einem Kästchen eingeschlossen, und die Änderungen in der Lage der Nadel werden durch ein gegenüber aufgestelltes Fernrohr an einer Scale gemessen.

Dass mittelst dieses Apparates die Variationen der Inclination beobachtet werden können, ergibt sich daraus, dass die verticale Componente der Erdkraft, die den Eisenstäben den Magnetismus inducirt, mit der Inclination wächst und abnimmt, daher aus der geänderten Ablenkungskraft der Stäbe, wenn gleichzeitig auch die Änderung der Declination und Intensität in Betracht gezogen wird, auf die Änderung der Inclination geschlossen werden kann.



Ist φ der Winkel, um welchen die Nadel von den beiden Stangen abgelenkt wird,

„ $n''\varepsilon''$ die Änderung dieses Winkels zur Beobachtungszeit (nämlich n'' die Anzahl der Scalentheile, um welche sie von der dem Winkel φ entsprechenden Stellung abweicht, und ε'' der Werth eines Scalentheiles),

„ $n\varepsilon$ die gleichzeitige Änderung der Declination,

„ B die gleichzeitige Änderung der horizontalen Intensität in Theilen der ganzen Horizontalkraft ausgedrückt,

„ J die Inclination, und

„ a eine zu bestimmende Constante,

so hat man die Änderung der Inclination gleich

$$dJ = (n''\varepsilon'' - n\varepsilon)\,\frac{\cos\varphi \cos^2 J}{a} + B\left(\frac{\sin\varphi \cos^2 J}{a} - \frac{1}{2}\sin 2J\right)$$

Zur Bestimmung des Ablenkungswinkels φ gibt Lamont auch folgendes Verfahren an, welches dann anzuwenden ist, wenn der Apparat keinen getheilten Kreis besitzt. Es sei (Fig. 48) m die Mitte

des Declinations-Stabes, m' die Mitte des Inclinations-Stabes, welche beide nahezu dieselbe Grösse haben. Man bestimme in der Richtung dieser Stäbe die Punkte c und c' so, dass genau $mc = m'c'$, lege einen Magnet ab senkrecht auf diese Richtungen so auf, dass seine Mitte mit c und c' zusammenfällt, und beobachte die in m und m' hervorgebrachten Ablenkungen. Sei n_0 die Ablenkung in m, wenn der Nordpol des Ablenkungsmagnetes ab östlich; n_1, wenn er westlich liegt; und eben so seien n'_0 und n'_1 die Ablenkungen in m', wenn der Magnet in $a'b'$ liegt. Ist γ der Torsions-Coëfficient, und ε der Werth eines Scalentheiles bei m, und ε jener bei m', so hat man

$$\cos\varphi = \frac{\varepsilon\,(n_0 - n_1)}{\varepsilon_{,}\,(n'_0 - n'_1)}\left(1 - \gamma\,\frac{\sin^2 \frac{1}{2}\varphi}{\cos\varphi}\right)$$

Sind die beiden Entfernungen ungleich, und ist $mc = e$, $m'c' = e'$, so wäre der zweite Theil der Gleichung noch mit $\frac{e^3}{e'^3}$ zu multipliciren.

Beispiel.

		Declinations-Stab	Inclinations-Stab.
Ablenkungsmagnet	N. östlich	$n_0 = 81 \cdot 5$	$n'_0 = 48 \cdot 1$
	N. westlich	$n_1 = 60 \cdot 1$	$n'_1 = 13 \cdot 0$
	N. östlich	$n_0 = 81 \cdot 4$	$n'_0 = 48 \cdot 1$
	N. westlich	$n_1 = 60 \cdot 25$	$n'_1 = 13 \cdot 03$
	Mittel	$n_0 - n_1 = 21 \cdot 27$	$n'_0 - n'_1 = 35 \cdot 07$

Die Werthe der Theilstriche waren bei beiden Scalen = 1'. Eine Umdrehung des Fadens brachte eine Ablenkung des Stabes von 8'. Dies gibt (nach 10):

$$\gamma = \frac{8}{21592} = \frac{1}{2699}.$$

Ohne Rücksicht auf Torsion erhält man

$$\cos\varphi = \frac{21 \cdot 27}{35 \cdot 07} \quad \text{also} \quad \varphi = 52^\circ\, 39'8;$$

ferner wird

$$2\gamma\,\frac{\sin^2 \frac{1}{2}\varphi}{\cos\varphi} = 0{\cdot}0002403,$$

also mit Rücksicht auf Torsion

$$\varphi = 52^\circ\, 40'5.$$

63. Bestimmung des Inductions- und Wärme-Coëfficienten.

Um die in (62) eingeführte Constante a (den Inductions-Coëfficienten zu bestimmen, bringt man vertical über der Mitte der Nadel B (Fig. 47) den Hilfsmagneten ns an, der sich in c um eine der Nadelrichtung parallele Axe drehen lässt. Man setze

$$BC = e \quad , \quad BE = BE' = h \quad , \quad CE = C'E' = k,$$

wo E und E' die Mittelpunkte der Eisenstäbe sind.

Es werde der Hilfsmagnet senkrecht mit dem Nordpole abwärts gestellt, so wird er in den Eisenstäben Magnetismus induciren, und dadurch eine Ablenkung der Nadel hervorbingen. Es sei n''_1 der abgelesene Stand, so wie sie n''_2 zeigen soll, wenn der Hilfsmagnet senkrecht, und der Nordpol nach oben gewendet ist, dann werde der Hilfsmagnet in horizontale Richtung gebracht, so dass der Nordpol gegen den aufwärts gerichteten Eisenstab gewendet ist, und endlich in die entgegengesetzte, wo er seinen Nordpol gegen den abwärts gehenden Eisenstab richtet. Im ersten Falle sei n''_3, im letzten n''_4 der Stand der Nadel m, so ist die gesuchte Grösse

$$a = \frac{1}{2}\left(\frac{n''_1 - n''_2}{n''_3 - n''_4}\right)\left(1 - \frac{6h^2 - 3k^2}{e^2}\right)$$

Beispiel. Ein Versuch, in welchem man gefunden hatte

$$\begin{array}{ll} n''_1 = 79\cdot05 & n''_3 = 88\cdot17 \\ n''_2 = 62\cdot06 & n''_4 = 53\cdot29 \\ \hline \text{also } n''_1 - n''_2 = 16\cdot99, & n''_3 - n''_4 = 34\cdot88 \end{array}$$

und wo $\frac{h}{e} = 0\cdot0353$ war, und $\frac{k}{e} = 0$ angenommen wurde, gab

$$1 - \frac{6h^2}{e^2} = 0\cdot9925, \qquad \frac{n''_1 - n''_2}{n''_3 - n''_4} = 0\cdot4871; \qquad \text{daher}$$

der erste Versuch gab	$a = 0\cdot2417$
ein zweiter „ „	$a = 0\cdot2321$
„ dritter „ „	$a = 0\cdot2353$
also ist im Mittel	$a = 0\cdot2364.$

Ein genaueres Resultat wird man erhalten, wenn man statt der zwei letzten Beobachtungen, während welchen der Nordpol des Hilfsmagnetes gegen die Stäbe gekehrt ist, diese hinwegnimmt (wobei man darauf zu achten hat, sie nicht aus der senkrechten Stellung zu bringen) und einen Magnet in der Nähe der Nadel legt, der in

ihr dieselbe Ablenkung hervorbringt, in welche sie durch die Stäbe versetzt worden war, worauf man dieselben Beobachtungen wiederholt, die früher ausgeführt wurden, nämlich bei verticaler Lage des Hilfsmagnetes mit Nordpol oben und unten, dann bei horizontaler Lage mit Nordpol rechts und links. Bezeichnet man die hiebei abgelesenen Stände der Nadel m

mit n''_5, n''_6, n''_7, n''_8 ferner
die Länge des Hilfsmagnetes mit l
„ „ der Nadel m „ l'
„ „ „ Eisenstäbe „ l''

so wird, da gewöhnlich h sehr nahe $= {}^1/_2\, l''$ sein wird,

$$a = \frac{1}{2}\left(\frac{n''_1 - n''_2 - (n''_5 - n''_6)}{n''_7 - n''_8}\right)\left(\frac{e^2 - \frac{9}{16}(l^2 + l'^2)}{e^2 + 2l''^2 - 3k^2 - l^2}\right)$$

Die Eisenstäbe nehmen in der ersten Zeit nach ihrer Aufstellung rasch an Kraft zu, wodurch die Ergebnisse der Beobachtungen unsicher werden. Man kann diesem Übelstande dadurch abhelfen, dass man sie mehrmal abwechselnd in kaltes und warmes Wasser eintaucht, wobei man jedoch sorgfältig darauf zu achten hat, dass sie nicht aus der verticalen Lage gebracht werden. Am bequemsten ist dies zu bewerkstelligen, wenn man vor der bleibenden Aufstellung sie in Messingröhren einschliesst, welche an den oberen Enden offen, an den unteren mit einem Hahne versehen sind, durch welchen das Wasser abfliesst. Mittelst dieser Vorrichtung kann der Wärme-Coëfficient nach dem in (40) angegebenen Verfahren bestimmt werden.

64. Beispiel der Berechnung der Änderung der Inclination.

Um auch ein Beispiel zu haben, wie die Änderungen der Inclination nach der in (62) gegebenen Formel

$$dJ = (n''\varepsilon'' - n\varepsilon)\,\frac{\cos\varphi \cos^2 J}{a} + B\left(\frac{\sin\varphi \cos^2 J}{a} - \frac{1}{2}\sin 2J\right)$$

zu berechnen sind,

sei $n'' = 15{\cdot}5$, $n = 9{\cdot}3$, $\varepsilon = \varepsilon''\ 0{\cdot}525$, $\varphi = 44^\circ\ 0'$, $a = 0{\cdot}2364$
$J = 65^\circ\ 10'$, $B = 10{\cdot}35$ in Scalentheilen,

deren einer dem 0·00012ten Theile der Horizontalkraft gleich ist.

Es ist hiebei zu bemerken, dass man, um den mit B multiplicirten Factor in Minuten auszudrücken, ihn mit $sin\ 1'$ multipliciren müsse. Man findet

$log.\ Cos.\ \varphi = 9 \cdot 85693$	$Zahl = 0 \cdot 2818$
$2\ log.\ Cos.\ J = 9 \cdot 24646$	$log.\ Sin.\ \varphi = 9 \cdot 83177$
$log.\ \varepsilon = 9 \cdot 72016$	$2\ log.\ Cos.\ J = 9 \cdot 24646$
$Comp.\ log\ a = 0 \cdot 62635$	$Comp.\ log.\ a = 0 \cdot 62635$
$log. \dfrac{\varepsilon\ Cos.\ \varphi\ Cos.^2 J}{a} = 9 \cdot 44990$	$log. \dfrac{Sin.\ \varphi\ Cos.^2 J}{a} = 9 \cdot 71458.$

Ferner hat man

$2J = 130°\ 20'$ und den Sinus von $130°\ 20'$, $= sin\ (90° + 40°\ 20')$ $= cos\ (40°\ 20')$ daher $sin\ 2J = cos\ (40°\ 20')$ und

$$log.\ Sin.\ 2J = 9 \cdot 88212$$
$$Sin.\ 2J = 0 \cdot 7623$$
$$\tfrac{1}{2}\ Sin.\ 2J = 0 \cdot 3811$$
$$\frac{Sin.\ \varphi\ Cos.^2 J}{a} = 0 \cdot 5183$$
$$\frac{Sin.\ \varphi Cos.^2 J}{a} - \tfrac{1}{2}\ Sin. 2J = 0 \cdot 1372$$
$$log. \ldots\ldots = 9 \cdot 13735$$
$$log.\ Sin.\ 1' = 3 \cdot 53627$$
$$log. \left[\left(\frac{Sin.\ \varphi\ Cos.^2 J}{a} - \tfrac{1}{2}\ Sin.\ 2J\right) Sin.\ 1'\right] = 2 \cdot 67462$$
$$Zahl = 472'7$$

Es ist demnach

$$dJ = 0'2818\ (n'' - n) + 472'7\ .\ B.$$

Nun hat man aber

$$n'' - n = 6{\cdot}2$$
$$B = (10{\cdot}35)\ (0{\cdot}00012) = 0{\cdot}001242,$$

daher wird

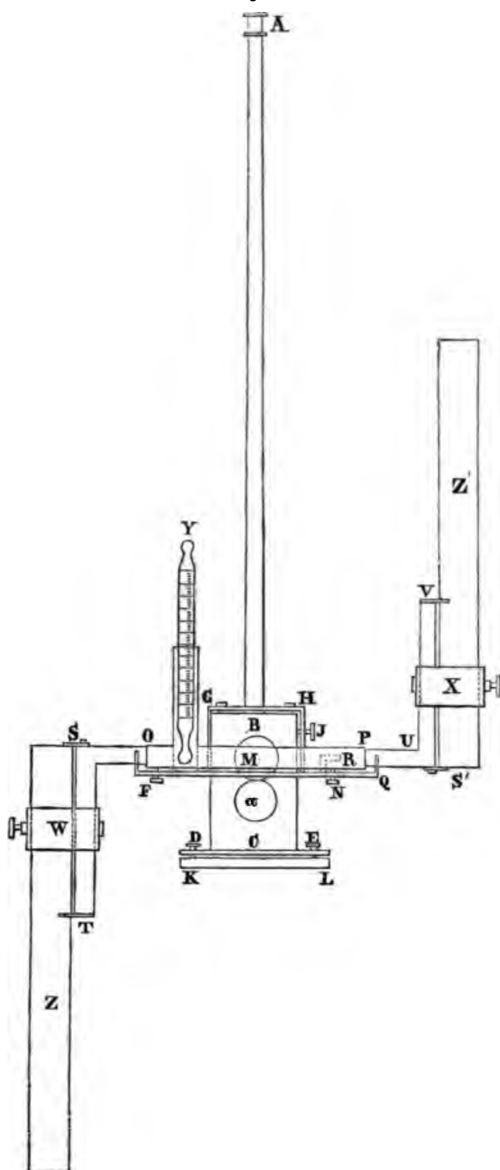
$$dJ = 1'747 + 0'587 = 2'334.$$

Für denselben Apparat und Beobachtungsort bleiben die mit $(n'' - n)$ und B multiplicirten Zahlen lange Zeit constant. Man wird daher beide Producte in Tafeln bringen können, deren Eingangszahlen die in $(n'' - n)$ und B enthaltenen Scalentheile sind, mit welchen

man diese Producte unmittelbar findet, und die man nur zu summiren braucht, um die Inclinations-Änderung zu erhalten.

65. Lamont's Reise-Inclinatorium.

Fig. 49.



Die in (62) beschriebene Vorrichtung, die Inclination zu messen, lässt sich auch auf Reisen anwenden, wenn dem magnetischen Theodoliten auch die hiezu nöthigen Vorrichtungen beigegeben werden. Sie sind in Fig. 49 abgebildet, wo *AB* die ungefähr 13 Zoll lange Fadenröhre darstellt, *BC* das Gehäuse, in welchem sich der Magnet (in *M*) und der Spiegel (in *A*) befindet, und das durch die Schrauben *D* und *E* an den Teller *KL* des Theodoliten angeschraubt wird. Über dieses Gehäuse wird der bei *B* mit einem Loche versehene Aufsatz *GHJ* gelegt, an welchem unten die Scheibe *FN* befestiget ist, und welcher auf drei Schrauben ruht, von denen bei *G* und *H* zwei sichtbar sind. Die Schraube *J* dient, ihn an das Gehäuse festzu-

klemmen. Die Scheibe ist bei *FN*, und einem dritten, in der Figur nicht sichtbaren Punkte mit drei nach aufwärts gerichteten Schrauben versehen, auf deren Spitzen der wohlabgeschliffene Ring *OP* ruht, der seine gehörige Lage hat, wenn er die zwei von der Scheibe aufstehenden Spangen *F* und *Q*, so wie den im Innern befindlichen Hacken *R* berührt. Von *O* und *P* laufen die rechtwinklig gebogenen Arme *OST* und *PUV* aus, die mit den Klammern *V* und *X* die Eisenstäbe *Z* und *Z'* umschliessen, welche durch die Schrauben bei *W* und *X* festgehalten werden. *GY* ist eine Röhre, in welche ein Thermometer gesteckt werden kann.

Da in diesem Apparate die Eisenstäbe nur drei Zolle von dem Mittelpunkte des Horizontalkreises entfernt sind, und der eine von ihnen fast zwei Zolle unter die Fussspitzen herabreicht, so muss der Reisetisch, auf welchem man das Instrument aufstellt, entweder ein sehr kleines Tischblatt haben, damit der Eisenstab nicht anstreife, oder man muss auf dieses eine kreisrunde, ungefähr zwei Zoll hohe Holzplatte von fünf Zoll Durchmesser legen, die der festeren Stellung wegen mit drei Fussspitzen versehen ist, auf welche dann der Theodolith zu stehen kömmt.

Die Art der Beobachtung besteht in Folgendem:

Nachdem man den Theodoliten nivellirt und das Gehäuse *ABC* mit den Schrauben *D* und *E* senkrecht gestellt hat, so dass der Magnet freie Schwingungen macht, gibt man den Aufsatz *FGHJQ* darüber und schraubt ihn bei *J* fest. Dann gibt man die Stäbe *Z* und *Z'* in die Klammern *W* und *X* und schraubt sie darin fest. Nun legt man den Ring mit den Stäben auf die Scheibe *FQ*, so dass er an die Spangen bei *F* und *Q* und an den Haken bei *R* anstösst. Da nun in den Enden der Stäbe bei *S* und *S'* entgegengesetzter Magnetismus inducirt wird, so wird der Magnetstab in *M* abgelenkt, und man stellt das Fernrohr auf den abgelenkten Magnet so ein, wie es in (13) gezeigt worden ist.

Ist dies geschehen und hat man den Stand der Nonien bei dieser Lage des Fernrohres abgelesen (er sei a_1), so nehme man den Ring mit den Stäben sorgfältig herab und lege ihn, ohne die Stäbe herauszunehmen, so um, dass *S'Z'*, welcher früher z. B. rechts vom Beobachter stand, nach links und zwar *S'* oben, *Z'* unten, *SZ* aber rechts vom Beobachter und nach aufwärts gekehrt komme. Ist der Ring wieder an die drei Punkte *F*, *Q*, *R* gehörig angelegt

worden, so wird die Einwirkung der Stäbe auf die Nadel nahezu dieselbe sein wie früher, denn die Verschiedenheit rührt nur von der Unvollkommenheit des Apparates oder der Aufstellung her. Hat man also das Fernrohr eingestellt, so wird die Ablesung (a_2) nahe mit der früheren übereinstimmen, und die Ablenkung des Nordendes des Magnetes wird in beiden Fällen eine östliche sein, wenn, wie in der Figur, der rechts vom Beobachter oder Leser befindliche Stab nach aufwärts gerichtet ist. Legt man hierauf den Ring so auf, dass der zur Rechten befindliche Stab nach abwärts gekehrt ist, so wird das Nordende des Magnetes nach Westen abweichen; man erhält dadurch die Ablesung (a_3), und durch Umlegen des Ringes, so dass der zur Rechten stehende Stab nach links kömmt und umgekehrt, die Ablesung (a_4), welche wieder mit (a_3) nahe übereinstimmen wird.

Wenn man es für nothwendig hält, kann man nun die Stäbe aus den Klammern herausnehmen und umlegen, so dass das in der Zeichnung mit S' bezeichnete Ende nach oben zu stehen kommt, und dann die vier Ablesungen wiederholen.

Es ist gut, zwischen den einzelnen Ablesungen nahezu gleiche Zeit verstreichen zu lassen, da die Induction auch von der Länge derselben abhängig zu sein scheint.

Von Zeit zu Zeit wird man die Temperatur anmerken, welche das in die Röhre Y gesteckte Thermometer anzeigt, und nach beendeten Ablesungen durch eine dem Apparate beigegebene Libelle, welche auf den Ring aufzusetzen ist, dessen Abweichung von der horizontalen Lage bei beiden Ausweichungen des Magnetes suchen.

Ist t die beobachtete Temperatur, sind ω und σ die Grössen, um welche der Ring bei östlicher Ablenkung des Magnetes in Osten und Süden zu hoch steht, sind ω' und σ' dieselben Grössen bei westlicher Abweichung und ist $D' = {}^1/_4\,(a_4 + a_3 - a_2 - a_1)$ so ist die corrigirte Ablenkung

$$D = D' + A\,(\omega' - \omega) + B\,(\sigma + \sigma') + C\,(10^\circ - t)$$

wo A, B und C Constanten sind, deren Werth gewöhnlich schon von Lamont mitgetheilt wird.

Beispiel. Mit einem Theodoliten, für welchen

$$A = 1{\cdot}75,\ B = 2{\cdot}06,\ C = 0{\cdot}924$$

war, wurde am 1. Juli 1854 in Venedig folgende Beobachtung gemacht:

$$D' = 17^\circ\ 37'1,\ \omega' - \omega = -0{\cdot}01,\ \sigma + \sigma' = +1{\cdot}07$$
$$t = 21^\circ 8,\ \text{also}\ D = 17^\circ\ 28'4.$$

Um mittelst D die Inclination zu finden, muss sie an einem anderen Orte, wo auch D bestimmt wurde, bekannt sein.

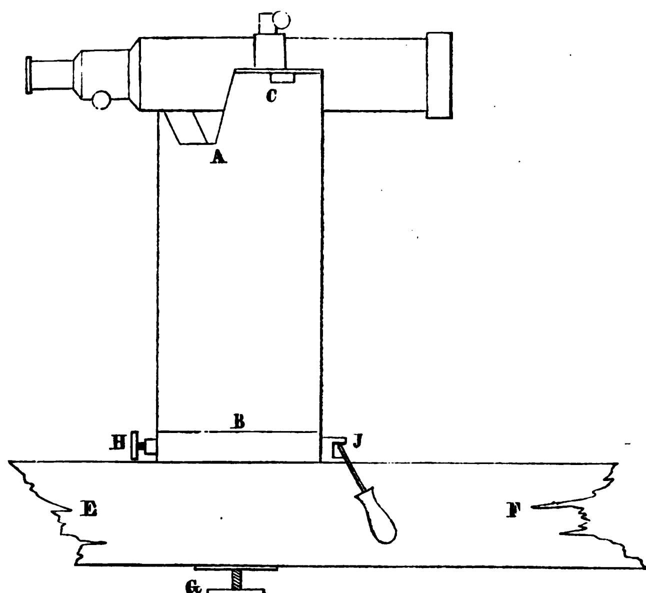
In diesem Falle wurde vor der Abreise in Wien die Inclination $J = 64^\circ\ 17'25$ und die Ablenkung $D_0 = 18^\circ\ 53'3$ gefunden. Es ergibt sich hieraus die Inclination i für Venedig nach der Formel

$$tang.\ i = tang\ J \frac{Sin\ D}{Sin\ D_0}$$
$$i = 62^\circ\ 33'8$$

66. Aufstellung der Fernröhre.

Aus dem Vorigen kann man ersehen, dass, wenn die Apparate nur zu Variationsbeobachtungen benützt werden, man sich an ihnen manche Vereinfachungen erlauben darf; auch hat die Erfahrung vielfach bewiesen, dass es nicht auf die Grösse der Magnetstäbe ankömmt, sondern dass kleine Magnete, wenn sie gegen äussere Störungen gehörig geschützt und wo möglich luftdicht verschlossen sind, eben so scharfe Bestimmungen liefern. Die hiezu verwendeten Fernröhre müssen zwar, da eine ziemlich starke Vergrösserung anzuwenden ist, wenn man die Entfernung der Scale vom Spiegel nicht zu klein machen will, immer hinlängliche optische Kraft besitzen, sie brauchen aber durchaus nicht an einem Theodoliten angebracht zu sein, sondern man kann ihnen eine ganz einfache Aufstellung geben, etwa wie kleinen Durchgangsfernröhren, die mit einer Schraube auch in horizontaler Richtung, wenn auch nur in kleinem Spielraum, bewegt werden können. Die Aufstellung derselben in Prag ist in Fig. 50 abgebildet. Ein hölzerner Cylinder AB von 3 Zoll Durchmesser ist oben gabelförmig ausgeschnitten und bildet die Lager, in denen die Axen C des Fernrohres liegen. Er verlängert sich bei B in einen Zapfen, der durch das Brett EF durchgeht und wird mit der Schraube G und einer über ihr befindlichen Messingplatte fest an dasselbe angedrückt. Die Schrauben H und J dienen zur feineren Bewegung. Da man oft Beobachtungen an mehreren Apparaten in möglichst kurzen Zwischenzeiten auszuführen hat, so ist es gut, wenn die Fernröhre so nahe beisammen stehen, dass der Beobachter an beiden oder an allen drei Apparaten ablesen kann, ohne sich vom Sitze zu entfernen.

Fig. 50.



67. Zeit der Beobachtung.

Rücksichtlich der Beobachtungszeiten ist es am zweckmässigsten, die Beobachtungen zu vollen Stunden der wahren oder mittleren Ortszeit anzustellen und jedesmal nicht eine einzelne Ablesung, sondern eine Reihe von mehreren auszuführen.

Es frägt sich jetzt nur, wie man es anzustellen, und wie man die Ablesungen zu vertheilen habe, damit ihr Mittel genau einer gegebenen Zeit entspreche.

Da bei den Variationsbeobachtungen immer nur der Stand der ruhenden Magnetnadel in Betracht kömmt, sie aber sehr oft ziemlich grosse Schwingungen macht, deren Beruhigung zu viele Zeit erfordern würde, so muss man die Schwingungsdauer derselben annähernd kennen, nämlich die Zeit, welche die Nadel braucht, um von der einen Schwingungsgrenze (z. B. dem kleinsten Scalentheil) zur entgegengesetzten dem (grössten Scalentheil) zu gelangen. Setzt man diese Dauer $= D$, so ist klar, dass man den Stand oder Scalentheil, den die Nadel bei völliger Ruhe ergeben würde, nicht nur aus dem Mittel der Schwingungsgrenzen, sondern aus dem Mittel je

zweier Ablesungen haben wird, welche zu was immer für einer Zeit angestellt, um die Dauer D von einander verschieden sind. Denn ist z. B. AB (Fig. 51) das Stück der Scale, das vor dem Faden des Fernrohres scheinbar vorüberschwingt, und C dessen Mitte, also der von der ruhenden Nadel angezeigte Scalentheil, so kann man C finden, nicht nur aus $\frac{1}{2}(A + B) = C$, wenn A und B Zahlen der Scale anzeigen; sondern, wenn E der zur Zeit t durch den Faden gehende Scalentheil (als die Zahlen in der Richtung des bei E gezeichneten Pfeiles durchgingen), F aber derjenige ist, der zur Zeit $t + D$ durchgeht (als die Zahlen nach Erreichung der Schwingungsgrenze bei B in der Richtung des bei F sichtbaren Pfeiles zurückgingen), so wird wegen $AE = FB$ auch $\frac{1}{2}(E + F)$ dem Ruhestande C gleich sein. Es werden sich aber immer zwei oder mehrere um das Intervall D von einander verschiedene Ablesungszeiten so wählen lassen, dass ihr Mittel genau mit der gewünschten Beobachtungszeit T zusammenfällt. Ist z. B. die Schwingungsdauer $D = 10''$, die Beobachtungszeit

Fig. 51.

A E C F B

$$T = 1^h\ 47'\ 58$$

und man wollte den Stand der Nadel für diese Zeit aus sechs Ablesungen ableiten, von denen drei vor, drei nach der Zeit T ausgeführt sind, so wären die Ablesungszeiten

$$\begin{aligned} T - \tfrac{5}{2}D &= 1^h 47' 33'' \\ T - \tfrac{3}{2}D &= 1\ 47\ 43 \\ T - \tfrac{1}{2}D &= 1\ 47\ 53 \\ T + \tfrac{1}{2}D &= 1\ 48\ \ 3 \\ T + \tfrac{3}{2}D &= 1\ 48\ 13 \\ T + \tfrac{5}{2}D &= 1\ 48\ 23 \\ \hline \text{Mittel} = T \quad &= 1^h 4' 758'' \end{aligned}$$

Hat die Nadel eine Schwingungsdauer, die eine ungerade Anzahl von Secunden in sich begreift, so wählt man lieber eine ungerade Zahl von Ablesungen und beobachtet z. B. bei

$$\begin{aligned} &T - 2D \\ &T - D \\ &T \\ &T + D \\ &T + 2D \end{aligned}$$

Die Ablesungen der Scalentheile lassen sich übrigens am schärfsten im Augenblicke anstellen, wo die Nadel die Schwingungsgrenze erreicht hat, weil dort ihre Bewegung am langsamsten ist. Allein diese Zeiten fallen nicht mit der Beobachtungszeit T zusammen; man wird daher, wenn man zu diesen Augenblicken abliest, einen Fehler $= n$ begehen, so dass die aus solchen Ablesungen geschlossene Lage der Nadel nicht der Zeit T, sondern $T + n$ angehört, wo n positiv oder negativ, aber gleich oder kleiner als $\frac{1}{2} D$ sein wird. Je kleiner also die Schwingungsdauer ist, desto weniger ist dieser Fehler zu fürchten, der im vorigen Beispiele höchstens 5 Secunden erreichen wird. Da sich aber in einer so kurzen Zeit die magnetischen Elemente nur ganz unmerklich ändern, so kann man bei kleinen Schwingungsdauern unbedenklich diese Methode wählen, indem man, wenn z. B. 5 Ablesungen gemacht werden sollen, die erste Ablesung an jener Schwingungsgrenze ausführt, die der Zeit $T - 2D$ am nächsten eintritt, und die andern, ohne sich weiter um die Zeit zu kümmern, an den vier darauf folgenden Schwingungsgrenzen. So wird z. B. in Prag, wo die Bifilar-Nadel die Schwingungsdauer von 8 Secunden hat, und wo sechs Ablesungen gemacht werden, die der Zeit $(T - \frac{5}{2} D)$ nächste Schwingungsgrenze und die 5 folgenden abgelesen. Ist also z. B. die Beobachtungszeit, für welche man den Stand der Nadel zu kennen wünscht:

$$T = 1^h\ 20'\ 28''$$

so sieht man von $1^h\ 20'$ an durch das Fernrohr, und beobachtet die Schwingungsgrenze, welche der Zeit

$$T - \frac{5}{2} D = T - 20'' = 1^h\ 20'\ 8''$$

am nächsten fällt. Wäre z. B. um $1^h\ 20'\ 2''$ der grösste Scalentheil unter den Faden gekommen, so dürfte dieses Maximum noch nicht angeschrieben werden, weil 8 Secunden darauf, also um $1^h\ 20'\ 10''$ ein Minimum eintreten wird, das der voraus bestimmten Zeit $1^h\ 20'\ 8''$ näher liegt. Der in diesem Augenblicke unter dem Faden erschienene kleinste Scalentheil ist die erste der anzuschreibenden Ablesungen, der darauf (nämlich in $8''$) folgende grösste Scalentheil die zweite u. s. f., bis die Reihe von 6 Ablesungen vollendet ist. Der Fehler der Beobachtungszeit ist in diesem Falle, wie man von selbst sieht, 2 Secunden.

Ist die Schwingungsdauer so kurz, dass während einer derselben nicht hinlänglich Zeit bleibt, die Ablesung zu machen und niederzuschreiben, so kann man nach der ersten Ablesung zwei Schwingungen vorübergehen lassen und erst die Zeit der dritten, dann der 6., 9. u. s. f. anmerken, so dass das Mittel dieser Zeiten wieder möglichst nahe mit der vorgeschriebenen Zeit T zusammenfällt. Wäre z. B. $D = 4''$, und wollte man 6 Ablesungen machen, so würde man als erste Beobachtungszahl den Scalentheil anschreiben, welcher bei jener Schwingungsgrenze unter den Faden kömmt, die der Zeit $T - {}^{15}/_{2}\, D = T - 30''$ am nächsten fällt, und nach $3\,D = 2''$ den Scalentheil der entgegengesetzten Schwingungsgrenze, nach $6\,D = 24''$ wieder den Scalentheil u. s. f. in 6 auf einander folgenden Grenzen aufzeichnen.

Ist hingegen die Schwingungsdauer sehr lang, so kann man während des Verlaufes einer derselben, ohne die Schwingungsgrenzen zu berücksichtigen, mehrere Ablesungen ausführen, welche aber zur Berechnung des Standes der Nadel dann so zu vereinigen sind, dass man nur aus zweien um eine ganze Dauer von einander entfernten das Mittel nimmt. So z. B. wurde in (33) eine Schwingungsdauer von $42''$ berechnet, die sich bequem in vier Theile von 10 und 11 Secunden zertheilen lässt. Hat man also eine Beobachtung zur Zeit T anzustellen, so wird man die zu folgenden Zeiten durch den Faden kommenden Scalentheile aufzeichnen:

um	$T - 42''$	den	Scalentheil	s_1
„	$T - 32$	„	„	s_2
„	$T - 21$	„	„	s_3
„	$T - 10$	„	„	s_4
„	T	„	„	s_5
„	$T + 10$	„	„	s_6
„	$T + 21$	„	„	s_7
„	$T + 32$	„	„	s_8
„	$T + 42$	„	„	s_9

und man findet für den Ruhestand der Nadel

$$C = \tfrac{1}{2}\,(s_1 + s_5)$$
$$C = \tfrac{1}{2}\,(s_2 + s_6)$$
$$C = \tfrac{1}{2}\,(s_3 + s_7)$$
$$C = \tfrac{1}{2}\,(s_4 + s_8)$$
$$C = \tfrac{1}{2}\,(s_5 + s_9)$$

woraus das Mittel zu nehmen ist.

Wenn man täglich zu festgesetzten Stunden zu beobachten hat, so pflegt man es so einzurichten, dass die Beobachtungszeit der Declination auf die festgesetzte Stunde, die der horizontalen Intensität um 2 oder $2\frac{1}{2}$ Minuten später, und jene der Inclination um eben so viel nach der Intensität eintritt.

Man kann es aber auch so einrichten, dass die Ergebnisse aller Beobachtungen genau auf die volle Stunde fallen, wenn man sich die Mühe nicht verdriessen lässt, für jedes Element, das ausser der vollen Stunde beobachtet wird, zwei Reihen von Ablesungen zu veranstalten, von denen die eine, wenn h die volle Stunde bedeutet, auf $h - n$ Minuten, die andere auf $h + n$ Minuten fällt, deren Mittel also sehr nahe der Stunde h entsprechen wird. So wird in Wien die Declination jedesmal 6 Minuten, die Intensität 3 Minuten vor und nach der vollen Stunde aufgezeichnet, was auch noch den Vortheil gewährt, dass man in vielen Fällen aus den grossen Änderungen, die zwischen den zwei Beobachtungszeiten in dem Stande des Magnetstabes vorgegangen sind, auf das Vorhandensein einer Störung schliessen kann.

68. Störungsbeobachtungen.

An manchen Tagen treten in den Äusserungen der magnetischen Kraft so grosse und schnelle Änderungen ein, dass sie oft in kurzer Zeit mehr als den zehnfachen Werth der täglichen Variationen erreichen. Man nennt diese sich gleichzeitig über den ganzen bekannten Erdball erstreckenden Erscheinungen magnetische Störungen, und hat, so unregelmässig sie auf den ersten Anblick erscheinen, doch schon einige Gesetze herausgefunden, denen sie unterworfen sind. Es ist wichtig, während solcher Störungen die Beobachtungen in möglichst kurzen Zeitfristen, etwa von Minute zu Minute, an allen Apparaten anzustellen, wobei natürlich, wenn nicht für jeden Apparat ein eigener Beobachter zur Verfügung ist, sondern mehre von demselben bedient werden müssen, die einzelnen Beobachtungssätze abzukürzen, und in jedem Satze statt fünf oder sechs Aufzeichnungen nur zwei oder drei anzuschreiben sind, je nachdem es die Zeit gestattet. Für die genauere Kenntniss der Erscheinung ist es wichtig, insbesondere jene Momente durch die Beobachtung herauszuheben, in denen das Wachsen in ein Abnehmen oder umgekehrt übergeht.

Astronomische Beobachtungen.

Da die Bestimmung der magnetischen Elemente nicht ohne astronomische Beobachtungen ausgeführt werden kann, so wird es zweckmässig sein, auch die hierzu nöthigen Instrumente und die Behandlung derselben kurz anzugeben, wobei natürlich nur auf das Unentbehrliche Rücksicht genommen werden kann, eine erschöpfendere Anleitung aber den astronomischen Lehrbüchern vorbehalten bleibt.

69. Bestimmung des Fehlers und Ganges der Uhr.

Fast jede astronomische Beobachtung, auch die zur Bestimmung der magnetischen Declination nöthige, setzt, wenn sie nur einigermassen genau sein soll, den Besitz einer astronomischen Uhr, einer Pendeluhr oder eines Chronometers voraus, daher auch die Mittel bekannt sein müssen, den Fehler oder Stand derselben gegen Sonnenzeit und ihren Gang zu prüfen. Dies kann wieder nur, wenn man sich nicht mit dem unsicheren Behelfe einer Sonnenuhr begnügen will, durch Beobachtungen an Himmelskörpern geschehen, und an Orten, wo man nicht durch stabil aufgestellte Instrumente und andere Vorrichtungen zu solchen Beobachtungen stets vorbereitet ist, wählt man am besten die Sonne, aus deren genau gemessener Höhe über dem Horizonte man die dieser Höhe entsprechende Zeit berechnen kann. Hat man nun auch bei der Höhenmessung die Zeit der Uhr angemerkt, und stimmen beide Zeiten, die berechnete und die Uhrzeit, nicht überein, so ist der Unterschied der Fehler der Uhr, welcher auf diese Weise den Stand der Uhr gegen wahre oder mittlere Sonnenzeit, und zwar für den Augenblick der gemessenen Sonnenhöhe, gibt. Wurde in einiger Zeit darauf, z. B. am folgenden Tage, etwa 30 Stunden nach der erwähnten Messung, wieder die Sonnenhöhe beobachtet, und die Uhrzeit der Beobachtung angemerkt, so erhält man auf dieselbe Weise einen zweiten Uhrstand, der im Allgemeinen von dem ersten verschieden sein wird. Der Unterschied beider Stände oder Uhrfehler ist der Gang der Uhr in der Zwischenzeit, also in unserem Falle binnen 30 Stunden, woraus man leicht den täglichen oder 24stündigen Gang der Uhr rechnen kann.

Diese Beobachtung erfordert demnach ein Instrument, mit welchem man den Höhenwinkel der Sonne oder ihren Abstand vom Horizonte genau messen kann, und dann gibt jede genau gemessene

Sonnenhöhe, oder, was für den vorgesetzten Zweck dasselbe ist, jeder gemessene Scheitelabstand (Zenith-Distanz) der Sonne eine Bestimmung des Uhrfehlers. Man kömmt jedoch am leichtesten und sichersten zum Ziele, wenn man das Fernrohr des Instrumentes zweimal auf dieselbe Höhe einstellt, nämlich Vormittags und Nachmittags, und jedesmal die Uhrzeit anmerkt, zu welcher die Sonne diese Höhe (Vormittags während ihrer aufsteigenden, Nachmittags während ihrer absteigenden Bewegung) erreicht. Dann ist das Mittel der beiden Uhrzeiten bis auf einige Secunden genau die Uhrzeit des wahren Mittages. Aus einer astronomischen Ephemeride, z. B. dem Berliner Jahrbuche oder dem Nautical-Almanac, welche man ohnehin für diese Berechnungen nicht entbehren kann, ersieht man auch für den Tag der Beobachtung die sogenannte Zeitgleichung, d. h. den Unterschied zwischen der wahren und mittleren Zeit, oder die mittlere Zeit am wahren Mittage, welche mit der beobachteten Uhrzeit im wahren Mittage verglichen, den Fehler der Uhr gibt. Man nennt dies Verfahren das der correspondirenden Sonnenhöhen. Es handelt sich hierbei, wie man sieht, nicht sowohl um die ganz scharfe Bestimmung des Höhenwinkels der Sonne, sondern vielmehr um die genaue Angabe der Uhrzeit, zu welcher die Sonne sowohl Vor- als Nachmittags dieselbe Höhe erreicht, diese Höhe mag dann sein, welche sie wolle. Jedoch ist es räthlich, die Messung nicht in den dem Mittage zu nahe liegenden Stunden vorzunehmen, weil in diesen die Höhenänderung der Sonne zu gering ist, sondern lieber die Stunden ungefähr um 9 Uhr Vormittags und um 3 Uhr Nachmittags zu wählen.

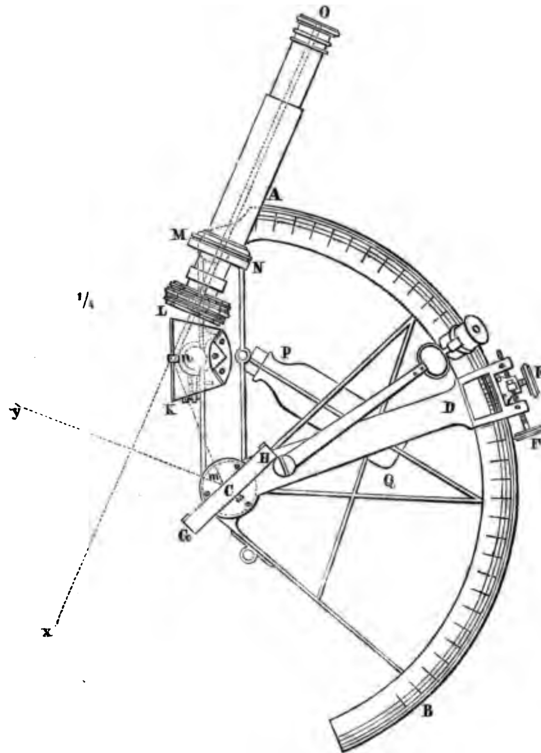
Um den Einfluss der Beobachtungsfehler so viel als möglich zu vermeiden, wird man sich nicht mit einer Messung begnügen, sondern sogleich eine Reihe von mehreren ausführen, Nachmittags das Instrument auf die letzte der vormittägigen Höhen einstellen, und die Uhrzeit anmerken, wann die Sonne diese Höhe erreicht, hierauf die vorletzte vormittägige Höhe einstellen und wieder die Zeit des Antrittes der Sonne an diese Höhe anmerken u. s. f. durch die ganze Reihe.

70. Spiegel-Sextant.

Zu diesem Zwecke kann man auf zweifachem Wege und durch zweierlei Instrumente gelangen, durch den Spiegel-Sextanten oder Spiegelkreis und durch den Höhenkreis.

Der Spiegel-Sextant (Fig. 52) besteht aus einem getheilten Kreisbogen *AB*, der bei den älteren Instrumenten den sechsten Theil eines Kreises betrug, bei den neueren aber eine grössere Ausdehnung hat; in der Mitte desselben ist eine kreisrunde Scheibe *C*, von

Fig. 52.



welcher eine bewegliche Speiche *CD* (die Alhidade) ausgeht, an deren Ende *D* sich der Nonius befindet. Diese Speiche lässt sich durch die Schraube *E* an dem Umfange des Kreisbogens festklemmen und dann kann die feine Bewegung durch die Mikrometerschraube *F* hervorgebracht werden. Auf der Scheibe *C* steht der Glasspiegel *GH* senkrecht, und ist fest angeschraubt, daher er an jeder Verrückung, die mit der Alhidade und dem Nonius vorgenommen wird, Theil nimmt. Ihm gegenüber, in *KL*, steht ein kleinerer Spiegel, der an einer der unverrückbaren Speichen des Instrumentes fest angeschraubt ist, und welcher seine

Lage, wenn er einmal gehörig gestellt wurde, ungeändert beibehalten soll. Statt dieses Spiegels sind die neueren Sextanten mit einem spiegelnden Glasprisma versehen, wie man es in Fig. 52 sieht, das die eine Fläche gegen den grösseren Spiegel in *C*, die andere gegen das Fernrohr *MNO* kehrt, welches in dem auf der Ebene des Kreisbogens befestigten Ring *MN* eingeschraubt wird. Die Höhe des Spiegels *GH* kann beliebig sein, jene des kleinen Spiegels aber oder des Glasprisma ist so bemessen, dass durch ihn nur die untere Hälfte des Objectivs des Fernrohres bedeckt wird, mit der oberen, von der Ebene des Kreisbogens mehr entfernten Hälfte hingegen ein in der Richtung des Fernrohres *Ox* über dem kleinen Spiegel befindlicher Gegenstand *x* von dem Auge in *O* wahrgenommen werden kann. Man wird aber im Stande sein, dem Instrumente eine solche Stellung zu geben, dass auch noch ein zweiter Gegenstand *y* in dem Gesichtsfelde des Fernrohres erscheint. Zu diesem Zwecke drehe man das Instrument, das man mit der rechten Hand an der Handhabe *PQ* hält, um die Axe des Fernrohres *Ox*, welche ihre unveränderte Lage behalten muss, was man daraus erkennt, dass der Gegenstand *x* auch während der Drehung im Gesichtsfelde bleibt. Man fährt mit dieser Drehung so lange fort, bis man glaubt, dass die Verlängerung der Ebene des Kreisbogens *ABC* auch den Punkt *y* treffe. Dann halte man das Instrument so unverrückt als möglich in dieser Richtung, löse die Klemmschraube *E*, und bewege die Alhidade *CD* und mit ihr den Spiegel *GH* langsam auf und ab, so wird, wenn die Ebene des Kreisbogens wirklich durch *y* geht, dieser Punkt im Gesichtsfelde erscheinen, wo der Voraussetzung nach auch noch *x* gesehen wird. Ist dies der Fall, so klemme man die Schraube *E* und bringe mit der Mikrometerschraube *F* beide Bilder zur Deckung, worauf die mittelst des Nonius in *D* abgelesene Theilung des Kreisbogens den Winkel angibt, um welchen die beiden Gegenstände *x* und *y* von einander entfernt sind.

Hat nämlich der Spiegel *GH* die gehörige Lage, so wird ein von *y* auf ihn fallender Strahl *ym* in *m* so zurückgeworfen, dass er auf den kleinen Spiegel oder das Prisma fällt, und von diesem in *n* zum zweiten Male reflectirt in einer Richtung *nO* in das Fernrohr kömmt, welche dem directen Strahle *Ox* nahe parallel ist und durch Deckung beider Bilder völlig parallel gemacht werden kann. Ist dies der Fall, so kann gezeigt werden, dass der Winkel zwischen den Ebenen

beider Spiegel die Hälfte des Winkels zwischen den Punkten x und y beträgt; und da die Theilung des Kreisbogens AB so eingerichtet ist, dass der Nonius 0° zeigt, wenn beide Spiegel parallel sind, so wird der Winkel zwischen den beiden Spiegelebenen durch die Ablesung auf dem Kreise sogleich angegeben, wenn der Kreisbogen auf die gewöhnliche Weise getheilt ist; da es sich aber nicht sowohl um diesen Winkel, sondern vielmehr um den doppelten, nämlich den Winkel zwischen x und y handelt, so pflegt man die Theilung auf dem Kreisbogen so aufzutragen, dass sie dem doppelten Winkel entspricht, dass also z. B. ein Bogen von 45° in 90° getheilt wird, wodurch die Ablesung der Theilung gleich wird dem Winkel zwischen jenen beiden Punkten x und y.

Sollten die beiden Punkte, vorausgesetzt, dass sie sehr weit vom Beobachter entfernt sind, nicht zur Deckung gebracht werden können, sondern seitwärts an einander vorübergehen, so ist der kleine Spiegel nicht gehörig gestellt. Er ist desswegen durch drei Schräubchen zu verrücken und kann durch sie dahin gebracht werden, dass dieser Fehler verschwindet. Sind die Bilder beider Gegenstände an Lichtstärke sehr verschieden, so ist dies ein Beweis, dass von dem einen mehr Licht als von dem anderen auf das Objectiv des Fernrohres fällt, dass also das Fernrohr nicht seine gehörige Stellung hat, sondern von der Kreisebene zu entfernt oder ihr zu nahe steht. Eine auf der Kehrseite angebrachte grössere Schraube dient, diesem Übelstande abzuhelfen.

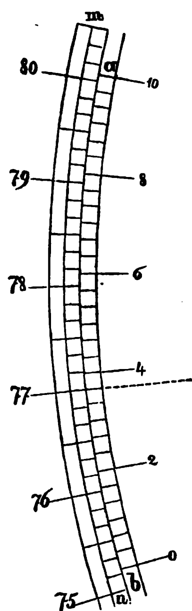
Die parallele Lage beider Spiegel erkennt man daran, dass man zwei Bilder desselben Punktes im Gesichtsfelde sich decken sieht. In diesem Falle soll der Nullpunkt des Nonius auf den Nullpunkt der Theilung fallen. Findet dies nicht Statt, sondern liegt der Nullpunkt des Nonius innerhalb der Theilung, fällt er z. B. auf die Theilung 0° 2′ 0″, so ist offenbar diese Ablesung und so auch alle folgenden, was immer für einem Winkel sie entsprechen mögen, um 2′ zu gross, daher muss dieser Fehler, welchen man den Collimations-Fehler nennt, von allen Ablesungen abgezogen werden. Die Ablesungen sind aber zu klein und müssen um den Collimations-Fehler vergrössert werden, wenn bei der genauen Deckung der beiden Bilder desselben Gegenstandes der Nullpunkt ausser der Theilung fällt. In diesem Falle würde man aber die Grösse dieses Fehlers nicht mehr erkennen können, wenn die Theilung des Kreises mit dem

Nullpunkte aufhörte, sie ist daher durch einige Grade auch jenseits des Nullpunktes fortgeführt.

Zu diesen Correctionen des Instrumentes wird man möglichst entfernte, scharf begränzte und gut beleuchtete Punkte wählen, wesswegen Sterne allen anderen vorzuziehen sind. Zur Bestimmung des Collimations-Fehlers kann man auch die Sonne benützen, indem man abwechselnd bald den unteren, bald den oberen Rand zur Berührung bringt. Das Mittel der Ablesung für beide Ränder fällt, wenn kein Collimations-Fehler vorhanden ist, mit dem Nullpunkte zusammen, und der Unterschied vom Nullpunkte ist der Collimations-Fehler.

Die Ablesung geschieht bei den meisten astronomischen Instrumenten mittelst der Nonien, deren Einrichtung man aus Fig. 53 ersehen kann, die einen zu einer Kreistheilung gehörigen Nonius darstellt, in welcher jeder Grad des Kreises in 6 Theile, also von zehn zu zehn Minuten getheilt ist, so dass 5 Grade 30 Theilstriche enthalten. Der Nonius, welcher ebenfalls in 30 Theile getheilt ist, umspannt aber einen um einen Theilstrich des Kreises kleineren Bogen, wovon man sich leicht überzeugen kann, wenn man sich den Nonius ein wenig verrückt denkt, so dass die Theilung 10 mit der Kreistheilung 80 zusammenfällt. Es trifft dann die Theilung 0 nicht auf 75, sondern auf die erste Theilung nach 75, woraus folgt, dass die 30 Theilungen des Nonius nur 29 Theilungen des Kreises gleich sind, also ist eine Theilung des Nonius um $1/_{30}$ kleiner als eine Theilung des Kreises. Da eine Theilung des Kreises 10 Minuten = 600 Secunden enthält, so ist der Unterschied zwischen ihr und einer Theilung des Nonius $= \frac{600}{30} = 20$ Secunden.

Fig. 53.



Wenn also der Nullpunkt des Nonius genau mit der Kreistheilung 75 zusammentrifft, so ist dies bei der nächsten Theilung des Nonius schon nicht mehr der Fall; diese fällt vielmehr schon diesseits der nächsten Kreistheilung um einen Betrag, der 20 Secunden gleich ist. Die zweite Theilung des Nonius weicht von der zweiten Theilung des Kreises um das Doppelte, also 40 Secunden, die dritte um 1 Minute ab u. s. f.,

daher sind zur 6., 12., 18.... Theilung des Nonius beziehungsweise die Zahlen 2, 4, 6. ... gesetzt worden, welche Minuten bedeuten.

Es stehe nun der Nonius gegen den Kreis so, wie er in der Figur gezeichnet ist, und es frägt sich, welches die Ablesung sei. Diese wird bestimmt durch den Stand des Nullpunktes des Nonius und muss daher offenbar zwischen 75° 10′ und 75° 20′ fallen. Die einzelnen Minuten und Secunden sind auf dem Nonius abzulesen, auf welchem man, von Null anfangend, so weit fortzugehen hat, bis man auf jene Theilung trifft, welche genau mit einer Kreistheilung zusammenfällt. Diese Theilung ist hier offenbar die eilfte oder die zweite nach jener Theilung, zu welcher die Ziffer 3 gehört. Da der Unterschied bei jeder Theilung 20 Secunden beträgt, so beläuft er sich bei 11 Theilungen auf $220'' = 3'\ 20''$, welche Grösse zur nächst kleineren Kreistheilung hinzuzugeben ist, um die Ablesung zu erhalten. Diese ist demnach

$$75^\circ\ 10' + 3'\ 20'' = 75^\circ\ 13'\ 20''$$

Will man die Höhe eines Gestirnes, z. B. der Sonne über dem Horizonte messen, so braucht man, wenn man nicht den Spiegel des Meeres als natürlichen Horizont benützen kann, einen künstlichen Horizont, das ist eine horizontale spiegelnde Fläche, die ein deutliches Bild des Gegenstandes hervorbringt, dessen Höhe bestimmt werden soll. Eine solche spiegelnde Fläche kann von Glas oder Metall sein, in welchem Falle sie durch eine Libelle genau horizontal zu stellen ist. Zweckmässiger ist eine Flüssigkeit, z. B. Quecksilber, deren reine Oberfläche sich in einer flachen Schale von selbst horizontal stellt und einen Spiegel erzeugt, welcher aber durch eine Bedeckung von Glas, das vollkommen eben geschliffen ist, und dessen beide Flächen genau parallel laufen, oder durch ein Blatt Glimmer (Marienglas) gegen jede Beunruhigung durch den Wind gesichert werden muss. Die Reinheit des Quecksilbers wird, wenn es nicht durch Fett verunreinigt ist, leicht hervorgebracht, indem man es durch Düten von reinem Papier durchlaufen lässt. Von der guten Beschaffenheit des Planglases kann man sich überzeugen, wenn man an windstillen Tagen die Höhe eines scharf begrenzten terrestrischen Punktes sowohl ohne, als mit dem Planglase und bei verschiedenen Lagen desselben misst und in beiden Fällen denselben Werth findet.

Die Beobachtung der Sonnenhöhe besteht darin, dass man das Fernrohr gegen den künstlichen Horizont richtet, und, nachdem man das Ocular mit dem dunklen Glase bedeckt hat, das Sonnenbild in das Gesichtsfeld zu bringen und darin zu behalten sucht. Es ist dies das durch die Spiegelung des Horizontes hervorgebrachte Sonnenbild, welches man das directe nennen kann, da es ohne Reflexion der beiden Instrumental-Spiegel erscheint. Es ist gut, sich zuerst zu üben, dieses Sonnenbild schnell zu finden und im Gesichtsfelde zu erhalten, während man das Instrument um das unverrückt gehaltene Fernrohr als Axe dreht. Schwieriger ist es, das zweite durch doppelte Spiegelung an den beiden Instrumental-Spiegeln erzeugte Sonnenbild ins Gesichtsfeld zu bringen, was nur geschehen kann, wenn man den Sextanten so hält, dass die Verlängerung seiner Kreisebene durch die Sonne geht. Dies wird dann der Fall sein, wenn der Schatten, den die Kreisebene wirft, die geringste Breite hat und sich in eine Linie zusammenzieht. Bei dieser Stellung des Kreisbogens und des Fernrohres, in dessen Gesichtsfelde das directe Sonnenbild immerfort gesehen wird, löse man die Klemmschraube der Alhiade und bewege diese am Kreisbogen sachte auf und ab, so wird auch das zweite Sonnenbild im Gesichtsfelde erscheinen und kann, nachdem die Alhiade geklemmt wurde, mit der Mikrometerschraube zur Einstellung gebracht werden.

Die Einstellung besteht in der Berührung des oberen Randes des unteren Sonnenbildes mit dem unteren Rande des oberen. Wenn die Ränder Vormittags sich nähern, so sind es die Bilder des oberen Randes, wenn sie sich entfernen, die des unteren Randes. Nachmittags findet das Gegentheil Statt.

Man hat bei der Einstellung immer darauf zu sehen, dass die Bilder senkrecht über einander stehen, weil sie bei jeder anderen Stellung weiter von einander entfernt sind, daher die Berührung an einem Punkte, der in einer nicht senkrechten Verbindungslinie beider Mittelpunkte liegt, eine falsche Einstellung gibt, wovon man sich leicht durch eine leise Drehung des Instrumentes um das Fernrohr als Axe überzeugen kann; denn wurden die Bilder bei schiefer Stellung zur Berührung gebracht, und dann durch die Drehung des Instrumentes senkrecht über einander gestellt, so werden sie sich in dieser Stellung theilweise decken. Es ist gut, wenn man sich gewöhnt, jede Einstellung in dieser Beziehung durch eine sanfte Drehung zu prüfen.

Der abgelesene Winkel ist der zwischen den beiden Sonnenbildern, nämlich der wirklichen Sonne und ihrem vom Horizonte zurückgeworfenen Bilde enthaltene, daher die doppelte Sonnenhöhe.

Der Spiegel-Sextant gewährt den Vortheil, dass er keiner Aufstellung bedarf, daher auch von allen Fehlerquellen unabhängig ist, die in der Aufstellung anderer Instrumente ihren Grund haben. Dafür erfordert seine Behandlung eine grössere Einübung, um jene Behendigkeit in der Auffindung der Sonnenbilder, jene Sicherheit in der unverrückten Haltung des Instrumentes mit freier Hand, und jene Zartheit der Bewegung desselben zu erlangen, welche die Bedingungen einer verlässlichen Beobachtung sind. Man hat zwar auch Gestelle angefertigt, welche zur Aufstellung eines Sextanten dienen können, allein wer einmal die Schwierigkeiten der ersten Einübung überwunden hat, wird das Instrument wohl lieber mit der freien Hand behandeln, wodurch an Zeit gewonnen und an Verlässlichkeit der Beobachtung nichts verloren wird.

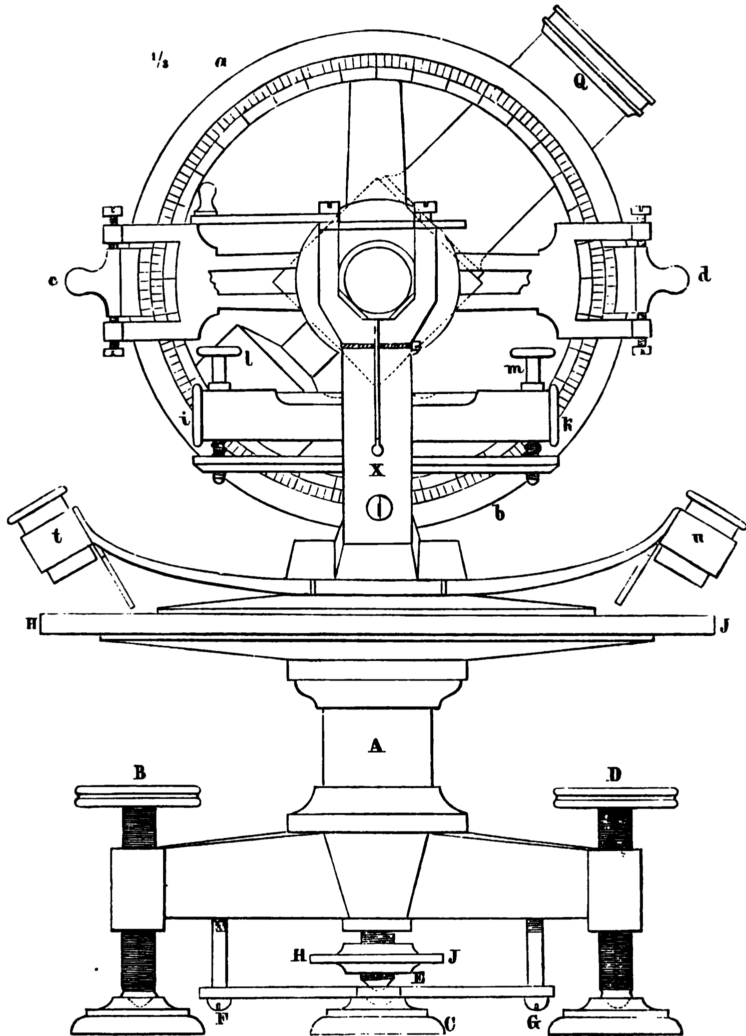
Die Vollkommenheit, mit welcher in neuerer Zeit die Gradtheilung der astronomischen Instrumente ausgeführt wird, hat gestattet, diese in viel kleineren Dimensionen anzufertigen oder bei gleicher Dimension eine grössere Schärfe zu erreichen. Man verfertigt daher für denselben Zweck, zu welchem sonst die Sextanten dienten, jetzt Spiegelkreise, Instrumente, die zwar ganz nach dem Principe des Sextanten gebaut sind, aber statt des Kreisbogens einen ganzen Kreis enthalten, dessen Theilungen mit zwei gegenüberstehenden Nonien abgelesen werden, wodurch der Fehler der Excentricität unschädlich gemacht wird. Da dieses Instrument ganz so zu behandeln ist wie der Sextant, so wird es nicht nöthig sein, länger dabei zu verweilen.

71. Theodolit und Höhenkreis.

Da diese beiden Apparate von den neueren Mechanikern gewöhnlich zu einem Instrumente vereinigt werden, das man seiner vielseitigen Anwendung wegen Universale nennt, so wurden sie hier auch in Verbindung mit einander abgebildet (Fig. 54 bis 59) und sollen auch so beschrieben werden. Fig. 54 gewährt die Ansicht von der Seite, Fig. 55 von oben.

Das Instrument wird von der starken Säule *A* (Fig. 54) getragen, die auf den drei Fussschrauben *B*, *C*, *D* ruht. In der Säule

Fig. 54.

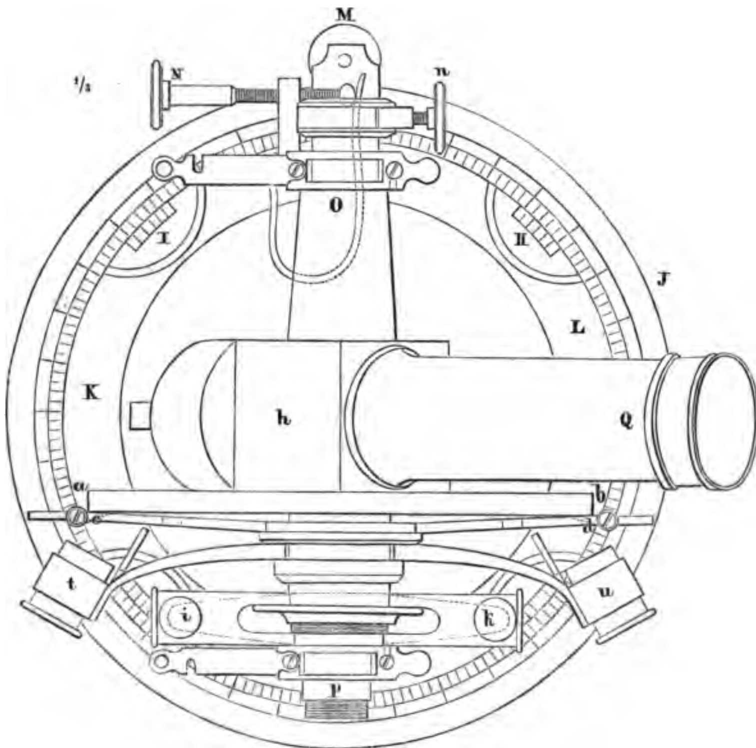


läuft ein konischer Zapfen, dessen mit einem Schraubengange versehenes Ende man in *E* sieht. Damit er nicht in der Höhlung der Säule *A* zu fest anliege, und dadurch die horizontale Drehung des Instrumentes erschwere, wird er von der dreiarmigen Platte *FG* getragen, deren drei Schrauben so gestellt sind, dass er die nöthige Freiheit der Bewegung erlange, wenn die Schraubenmutter *HJ* nachgelassen ist, wie es die Zeichnung zeigt, was daher immer vor

Beginn der Beobachtung geschehen muss. Wird aber das Instrument in das Kistchen verpackt, so ist diese Schraube fest anzuziehen, damit der Zapfen nicht schlottere.

Der wichtigste Bestandtheil des Theodoliten ausser dem Fernrohre ist der Horizontalkreis, welcher aus zwei concentrischen Kreisen besteht, dem äusseren *(HJ)*, der an die Säule *A* fest angeschraubt, daher unbeweglich ist und die Theilung trägt (Fig. 55),

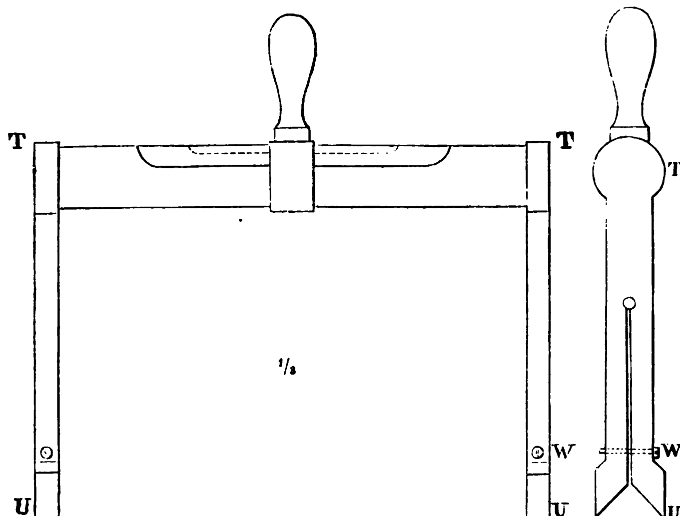
Fig. 55.



und dem inneren *(KL)* mit den 4 Nonien I, II, III, IV, welcher sich mit dem Fernrohre in horizontaler Richtung dreht, da er mit dem Zapfen *E* unveränderlich verbunden ist. Die Drehung kann bei geöffneter Klemmschraube *M* mit freier Hand vorgenommen werden. Schliesst man aber die Klemmschraube, so ist zur schärferen Einstellung nur die kleine Bewegung mit der Mikrometerschraube *N* gestattet.

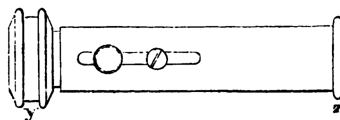
Die horizontale Stellung der Kreise und der Axe *OP*, an welcher das Fernrohr *QR* befestigt ist, wird durch die Wasserwage *TU* (Fig. 55 und Fig. 56 *a* und *b*) untersucht, welche man auf die

Fig. 56 *a*. Fig. 56 *b*.



Axe durch die bei *O* und *P* sichtbaren viereckigen Öffnungen aufsetzt und das Instrument durch die Fussschrauben einstellt, wie es in (13) gezeigt worden ist. Sollte die Libelle selbst noch einen Fehler haben, dass z. B. der eine ihrer Arme *TU* länger ist als der andere, so wird ihm durch die Schraube *W* abgeholfen, welche den aufgeschlitzten Arm durch Zusammenziehen verlängert, durch Nachlassen verkürzt. Eine ähnliche Schraube findet man auch in einer der Stützen *X* (Fig. 54), welche die Lager für die Zapfen der Horizontalaxe bilden und die durch diese Schraube, wenn sie mit den Horizontalkreisen nicht parallel sein sollten, corrigirt werden können. Das Ocular *YZ* (Fig. 57) des Fernrohres, das in dem Würfel *R* ein die Lichtstrahlen rechtwinkelig reflectirendes Prisma hat, wird an dem Ende *P* der Axe eingeschraubt. Von den beiden daran sichtbaren Schrauben dient die grössere, um die Ocular-Röhre festzuklammern, nachdem man sie so gestellt hat, dass man Bild und Fadenkreuz deutlich sieht, die kleinere, um dem Faden-

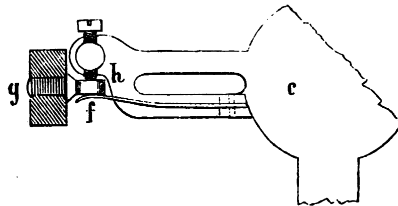
Fig. 57. 1/3



kreuze eine solche Stellung zu geben, dass der eine Faden genau horizontal, der andere vertical ist.

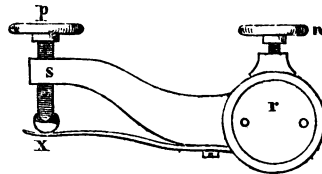
Der Höhenkreis *ab* (Fig. 54) ist bei dem hier beschriebenen Instrumente einfach an dem Würfel des Fernrohres befestigt, daher mit diesem beweglich; er trägt die Theilung, während die zwei horizontalen Arme *c* und *d*, welche die Nonien tragen, durch die (in Fig. 58 besonders gezeichnete) Spange *ef* genöthigt sind, ihre Stellung unverändert beizubehalten; denn diese Spange stemmt sich einerseits durch die Feder *f*, anderseits durch einen Zapfen *gh*, welcher aus dem horizontalen Theile des die Axenlager enthaltenden Gestelles *x* (Fig. 54) senkrecht emporragt. Die Libelle *ik* zeigt eine Verrückung dieses Gestelles, also auch der Nonien an, welche in Folge der Abweichung der Säule *A* von der verticalen Lage eingetreten ist, und die mittelst der Fussschrauben zu heben ist. Die Libelle selbst wird durch die Schrauben *l* und *m* (Fig. 54) corrigirt.

Fig. 58.



Die Bewegung des Fernrohres und Höhenkreises kann mit freier Hand geschehen, wenn die Klemmschraube *n* (Fig. 59) offen ist, im entgegengesetzten Falle geschieht sie mit der Mikrometerschraube *p*, welche an dem Zapfen bei *x* anstösst, dadurch den Arm *rs* und mit ihm Fernrohr und Kreis sanft bewegt [1]).

Fig. 59.



Die Ablesung geschieht an beiden Kreisen durch die Lupen *t* und *u*.

Wenn aber auch das Instrument vor der Beobachtung genau eingestellt wurde, so dass die Libellen in jeder Richtung einspielen, so gehen doch während derselben leicht Änderungen vor, die nicht vernachlässigt werden dürfen; desswegen muss man die Libelle des Höhenkreises fortwährend im Auge behalten, weil sie jede kleine Änderung anzeigt. Diese sind übrigens desto geringer, je fester

---

[1]) Sowohl die Spange *ef* als der Arm *rs* sind am Instrumente in verticaler Richtung angebracht.

die Aufstellung des Instrumentes ist. Auf einem Steinpfeiler oder einem fest in die Erde eingerammelten dicken Holzpflocke wird man nur sehr geringe Verrückungen bemerken, besonders wenn dieselben, falls sie sich in einem Gemache befinden, mit dem Fussboden des Gemaches in keinem Zusammenhange sind. Grösser sind die Verrückungen des Instrumentes, wenn man dasselbe im Freien auf einem, wenngleich soliden hölzernen Dreifusse aufstellt, weil das Holzgestelle sich leicht verzieht, und das Erdreich gewöhnlich unter den Tritten des Beobachters weicht, daher die Blase der Libelle sehr oft sich auf die dem Beobachter entgegengesetzte Seite stellt. Vorzüglich muss man sowohl das Instrument als das Gestelle vor der Einwirkung der directen Sonnenstrahlen bewahren, indem man, abgesondert von beiden, eine Beschirmung anbringt, die beides beschattet, und nur für das Objectiv des Fernrohres die zur Beobachtung nöthige Öffnung hat. Auch die Berührung mit der Hand, die grosse Annäherung eines Körpertheiles, Behauchung u. dgl. kann eine empfindliche Libelle leicht verrücken und unrichtige Angaben hervorbringen, daher man sich bei genaueren Beobachtungen vor allem diesen, so wie natürlich auch vor dem Anstossen und Anstreifen an Tisch oder Instrument zu hüten hat.

Wenn trotz aller angewandten Vorsicht die Blase der Libelle doch aus der Mitte hinaustritt, so thut man am besten, sie durch die Fussschrauben wieder auf die Mitte zurückzuführen.

In dem Gesichtsfelde des Fernrohres sieht man zwei feine Spinnfäden gespannt, deren Durchkreuzung den Punkt bestimmt, in dessen Nähe die Beobachtungen auszuführen sind. Sie sollen sich in dem Brennpunkte des Objectives befinden, welcher auch der Brennpunkt des Oculars ist, was man daraus erkennt, dass bei einer Lage des Oculars, in welcher man entweder einen sehr entfernten und scharf begrenzten irdischen Punkt oder das Bild der Sonne am deutlichsten sieht, auch die Fäden am besten sichtbar werden. Bei manchen Instrumenten ist dies nicht der Fall, und dann kann man den Ring, an welchen sie angeklebt sind, durch hervorstehende Schräubchen an den gehörigen Platz verschieben. Auch durch die Bewegung des Auges, so weit sie von der kleinen Ocularöffnung gestattet ist, kann man untersuchen, ob die Fäden den gehörigen Platz einnehmen oder nicht. Bewegt man nämlich das Auge nach links und nach rechts, oder auf- und abwärts, und bleibt das Bild des irdischen

Punktes, das man unter das Fadenkreuz brachte, während dieser Bewegung stets an diesem Platze, so nehmen die Fäden den gehörigen Ort ein; wenn es sich aber durch die Bewegung des Auges vom Durchkreuzungspunkte der Fäden entfernt, und zwar so, dass es auf dieselbe Seite geht, nach welcher sich das Auge bewegt, so stehen die Fäden dem Auge zu nahe, und müssen näher gegen das Objectiv gerückt werden. Bewegen sich aber Auge und Bild auf die entgegengesetzte Seite vom Durchkreuzungspuncte, so sind die Fäden dem Auge zu nähern.

Von den beiden Fäden, welche das Kreuz bilden, soll der eine senkrecht, der andere horizontal stehen. Man kann sich auch hievon überzeugen, indem man einen entfernten irdischen Punkt unter das Kreuz bringt, das Fernrohr mit der Mikrometerschraube im verticalen Sinne bewegt und zusieht, ob der Punkt auf dem Faden bleibt oder nicht. Im letzten Falle lässt sich die Ocular-Röhre und mit ihr das Fadenkreuz durch Schräubchen um ihre Axe drehen, bis dieses eintrifft. Eben so kann man auch mit dem horizontalen Faden verfahren, der aber, wenn die Fäden gut gespannt sind, durch die Einstellung des Verticalfadens ohnehin die horizontale Richtung erhält.

Da bei Anfängern in der Beobachtung sehr oft eine Verwechslung des Horizontalfadens mit dem verticalen und umgekehrt eintritt, so kann man die Regel festhalten, dass jener Faden der verticale ist, längs welchem oder welchem parallel sich ein irdischer Gegenstand verschiebt, wenn man das Fernrohr in der Richtung vom Zenith zum Horizont oder umgekehrt bewegt, und dass jener Faden der horizontale ist, längs welchem oder welchem parallel sich ein irdischer Gegenstand verschiebt, wenn das Fernrohr in einer dem Horizonte parallelen Richtung bewegt wird.

72. Verfahren bei den Beobachtungen.

Um die Sonne schnell in das Gesichtsfeld zu bringen, ist es am besten, sich nach dem Schatten zu richten, indem man das Instrument um seine verticale Axe *F* so lange dreht, bis der vom verticalen Kreise geworfene Schatten die geringste Breite hat, in welchem Falle die Ebene des Kreises verlängert durch die Sonne geht. Hierauf dreht man das Fernrohr um seine horizontale Axe so lange, bis dessen Schatten ebenfalls am kleinsten wird; hält man bei dieser Lage des Fernrohres ein Blatt Papier vor das Ocular, so

wird sich das Sonnenbild darauf zeigen, zum Zeichen, dass die Sonne sich im Gesichtsfelde des Fernrohres befinde. Man schiebt nun das Blendglas vor die Ocular-Öffnung, schliesst die Klemmschrauben, und kann die Beobachtung beginnen.

Wenn man correspondirende Sonnenhöhen messen will, so besteht die Beobachtung darin, dass man den oberen oder unteren Sonnenrand (d. i. einen der beiden Ränder, welche durch Bewegung des Fernrohres in verticaler Richtung zur Berührung mit dem Horizontalfaden gebracht werden) in die Nähe des Horizontalfadens bringt, und zuwartet, bis er mit ihm in Berührung tritt. Es ist am besten, diese Berührung in der Nähe des Durchkreuzungspunktes der Fäden herzustellen, also das Instrument so zu stellen, dass bei der Berührung die Sonnenscheibe vom Verticalfaden nahezu halbirt wird. Der Zeitpunkt der Berührung, nämlich der bei derselben gezählte Chronometerschlag sammt Bruchtheil wird angemerkt, und die Stellung des Fernrohres auf dem Kreise abgelesen. Man wird aber hier, so wie bei der Beobachtung mit dem Sextanten am besten verfahren, wenn man das Fernrohr schon im Vorhinein auf eine bestimmte Höhe stellt, das Instrument nur in horizontaler Richtung bewegt, um den Verticalfaden stets in der Mitte der Sonnenscheibe zu erhalten, und den Augenblick abwartet, in welchem die Berührung des Randes mit dem Horizontalfaden erfolgt. Ist dieser Augenblick (die Uhrzeit) angemerkt worden, so stellt man das Fernrohr um einen Grad oder halben Grad oder eine beliebige Anzahl n von Minuten höher, wenn die Sonne steigt, oder tiefer, wenn sie sinkt, verfolgt sie mit sanfter Bewegung in horizontaler Richtung, um sie in der Mitte des Gesichtsfeldes zu erhalten, und wartet die Zeit der Berührung ab, welche wieder angemerkt wird. Nun stellt man das Fernrohr wieder um n Minuten höher oder tiefer, und verfährt wie früher.

Nach jeder Beobachtung ist die Libelle anzusehen, und wenn die Blase ihren Stand geändert haben sollte, so ist sie durch die Fussschrauben auf ihren vorigen Ort zurückzubringen. Auch ist zu bemerken, welcher Rand beobachtet wurde, um die correspondirende Beobachtung an demselben Rande anzustellen. Jener Rand, welcher Vormittags in den horizontalen Faden hineintritt, ist der obere Rand; jener, welcher aus dem Faden heraustritt, ist der untere; Nachmittags ist der austretende der obere, der eintretende der untere Rand.

Es wurde früher bemerkt, dass das Mittel der Zeiten, welche zu zwei gleichen an demselben Tage beobachteten Sonnenhöhen gehören, die Uhrzeit des Mittags nur bis auf einige Secunden genau gebe. Die Ursache, warum durch diese Beobachtung der Mittag nicht ganz genau gegeben wird, ist die Änderung in dem Stande, namentlich der Declination (Abstand vom Äquator) der Sonne, welche in der Zwischenzeit zwischen den vor- und nachmittägigen Beobachtungen eintritt; denn wenn sich die Sonne nach dem Wintersolstitium dem Nordpole nähert, so erreicht sie in Folge dieser jährlichen Bewegung dieselbe Höhe Vormittags früher, Nachmittags später als es ohne dieser Bewegung geschehen wäre. Auch gelangt sie nicht im Meridiane, sondern einige Secunden nach dem Durchgange durch den Meridian zu ihrer grössten Höhe. Das Gegentheil tritt ein, wenn sie sich nach dem Sommersolstitium vom Nordpole entfernt. Man kann jedoch durch eine leichte Rechnung diesem Übelstande abhelfen, und die Uhrzeit des Mittags aus der Beobachtung ganz scharf bestimmen. Es ist nämlich die Mittagsverbesserung im Winter und Frühlinge (vom Wintersolstitium bis zum Sommersolstitium) $= - A \mu \, tang. \varphi + B \mu \, tang. \delta$

im Sommer und Herbste (vom Sommersolstitium bis zum Wintersolstitium) $= + A \mu \, tang. \varphi - B \mu \, tang. \delta$,

wo A und B Zahlen sind, deren Logarithmen aus der Tafel I (siehe zu Ende) genommen werden können, μ ist die Änderung der Declination der Sonne in 48 Stunden, deren Logarithmen in dem Berliner Jahrbuche enthalten sind, φ ist die geographische Breite des Beobachtungsortes, und δ die Declination der Sonne für den Mittag des Beobachtungstages, ebenfalls aus dem Berliner Jahrbuche zu nehmen.

Die Tafel I für die Logarithmen von A und B hat als Argument (Eingangszahl), mit denen man die zugehörigen Logarithmen findet, die halbe Zwischenzeit zwischen der vor- und nachmittägigen Beobachtung. Hat man sowohl Vor- als Nachmittags nicht nur einzelne, sondern eine Reihe von Beobachtungen gemacht, so sucht man die Mittel der Beobachtungszeiten beider Reihen, und der halbe Unterschied dieser Mittel ist dann das Argument, mit dem man die Logarithmen von A und B aus der Tafel nimmt.

Es ist wohl für sich klar, dass man auch eine nachmittägige Beobachtung mit einer vormittägigen des folgenden Tages verbinden

und daraus die Uhrzeit der Mitternacht finden könne. Aber auch diese Uhrzeit bedarf einer Verbesserung, welche durch folgende beide Formeln gegeben ist:

im Winter und Frühlinge $= (A\, tang\,.\,\varphi - B\, tang\,.\,\delta)\, f\mu$

im Sommer und Herbste $= (B\, tang\,.\,\delta - A\, tang\,.\,\varphi)\, f\mu$

wo die Buchstaben A, B, φ, δ, μ dieselbe Bedeutung wie früher haben, und A, B auch aus derselben Tafel, aber nicht mehr mit demselben Argumente (der halben Zwischenzeit), sondern mit der Ergänzung dieser halben Zwischenzeit zu 12 Stunden genommen werden. Ist also z. B. die halbe Zwischenzeit zwischen dem Mittel der nachmittägigen Beobachtungszeiten und jenem der vormittägigen des folgenden Tages gleich 8 Stunden 30 Minuten, so müssen die Logarithmen von A und B aus der Tafel I für die Mittagsverbesserung mit dem Argument

$$12^{St.} - (8^{St.}\, 30') = 3^{St.}\, 30'$$

gesucht werden. Die Grösse f ist in einer eigenen Tafel (II) gegeben, deren Argument die halbe Zwischenzeit der Beobachtungen, also in diesem Falle $8^{St.}\, 30'$ ist.

73. Beispiele von Zeitbestimmungen aus correspondirenden Sonnenhöhen mit dem Sextanten.

Beobachtung zu Hermannstadt, 16. und 17. August 1848.

(Die Uhrzeiten sind in Chronometer-Schlägen ausgedrückt, deren 150 auf die Minute kommen.)

Eingestellte (doppelte) Sonnenhöhe	Uhr-Zeit der Berührung am 16. August		Uhr-Zeit der Berührung am 17. August	
	Vormittags	Nachmittags	Vormittags	Nachmittags
64° 20	$20^h\, 29'\, 78^s$	$4^h\, 13'\, 109^s$	$20^h\, 30'\, 88^s$	$4^h\, 12'\, 12^s$
64 40	30 74	12 114	31 85	11 13
65 0	31 73	11 118	32 82	10 14
65 20	32 70	10 118	33 80	9 17
65 40	33 70	9 120	34 78	8 18
66 0	34 70	8 116	35 75	7 20
66 20	35 68		36 75	6 20
66 40	36 67	Wolken	37 74	5 22
67 0	37 65		38 74	4 22
67 20	38 63		39 73	3 22
	oberer Rand			

1. **Beispiel.** Da am 16. August Nachmittags die ersten Beobachtungen durch Wolken verhindert wurden, so können auch von den Vormittagsbeobachtungen nur die sechs ersten verwendet werden. Die Mitte der Uhrzeiten aus der ersten vor- und letzten nachmittägigen, der zweiten vor- und vorletzten nachmittägigen u. s. f. sind folgende, wobei zu bemerken ist, dass nach astronomischer Zählung 20^h statt 8^h Vormittags gesetzt wurde, dass daher auch folgerecht 28^h statt 4^h Nachmittags in der Rechnung genommen wird.

Mittel für den Mittag des 16. August

	24^h	21′	93^s5
		21	94·0
		21	95·5
		21	94·0
		21	94·0
		21	93·0
Mittel oder uncorrig. Mittag . . =	0^h	21′	94^s17
oder in Secunden . . . =	0	21	37^s67

Das Mittel der Beobachtungszeiten Vormittags ist	20^h	32′
„ „ „ „ Nachmittags „	4	11
daher die halbe Zwischenzeit	3	49·5
die geographische Breite wurde gefunden . . . . φ =	45°	47·3
die Declination der Sonne ist aus dem Jahrbuche . δ =	13	39
eben dort findet man . . . . $log\ \mu$ =	3·35874	

Mit der halben Zwischenzeit, als Argument, hat man

aus der Tafel I $log.\ A = 7·79985$ $\qquad$ $log.\ B = 7·53155$

$log.\ tg.\ \varphi = 0·01197$ $\qquad$ $log.\ tg.\ \delta = 9·38534$

$log.\ \mu = 3·35874$ $\qquad$ $log.\ \mu = 3·35874$

$log.\ A\mu\ tg.\ \varphi = log.\ \mathrm{I} = 1·17056$ $\qquad$ $log.\ B\mu\ tg.\ \delta = log.\ \mathrm{II} = 0·27563$

$\mathrm{I} = 14^s81$ $\qquad$ $\mathrm{II} = 1^s89$

Correction des Mittags . . = I — II =			$+\ 12^s92$
Uncorrig. Mittag der Uhr . =	0^h	21′	37^s67
Corrigirter „ „ „ . =	0	21	50·59

Dies ist die Angabe der Uhr zur Zeit des wahren Mittages. Da sie aber nach mittlerer Zeit geht, so ist nun zu suchen, was sie, wenn sie ohne Fehler wäre, zur Zeit des wahren Mittages hätte zeigen sollen, oder was vom Beobachtungsorte die mittlere Zeit im wahren Mittage war. In dem Berliner Jahrbuche ist für den dortigen Meridian die mittlere Zeit im wahren Mittage (Zeitgleichung) gegeben:

am 15. August . . .	4′	11ˢ48
„ 16. „ . . .	3	59·45
„ 17. „ . . .	3	46·90

Aus den Zahlen für den 15. und 17. August findet man

die Änderung in 48 Stunden = 24·58
„ „ „ 24 „ = 12·29

Es ist aber Hermannstadt 10° 50′ östlich von Berlin, und es braucht die Sonne 43·3 Minuten oder 0·030 Tage, um von dem Meridiane des einen Ortes zu dem des zweiten Ortes zu kommen. In dieser Zwischenzeit ändert sich die Zeitgleichung

$$\text{um } (0{\cdot}030)\,(12^s{\cdot}29) = 0^s{\cdot}369,$$

und da sie abnimmt, so war sie in Hermannstadt noch grösser als in Berlin. Es war demnach am erstgenannten Orte am 16. August 1848

die mittl. Zeit im wahren Mittage = 3′ 59ˢ45 + 0ˢ37 =	3′	59ˢ82
die Uhr gab aber zu selber Zeit	21	50·59
daher ist der Fehler der Uhr =	—17	50·77

2. Beispiel. Verbindet man die Nachmittags-Beobachtungen des 16. mit den Vormittags-Beobachtungen des 17. August, so findet man auf gleiche Weise den Uhrfehler zur Zeit der wahren Mitternacht. Die Mittel der Beobachtungszeiten sind:

	12^h	22′	23ˢ5
		22	24·5
		22	25·0
		22	24·0
		22	24·0
		22	20·5
Uncorrig. Mitternacht . . .	12^h	22′	23ˢ58
oder in Secunden	12	22	9ˢ43
Halbe Zwischenzeit		8^h	11′
Ergänzung zu 12 Stunden . . .		3	49
		$\delta = 13°$	29′5

Mit dem Argumente 3^h 49′ ist aus Tafel I

$\log. A = 7{\cdot}7995$	$\log. B = 7{\cdot}5327$
$\log. tg.\, \varphi = 0{\cdot}01197$	$\log. tg.\, \delta = 9{\cdot}38008$
$\log. A\, tg.\, \varphi = 7{\cdot}81147$	$\log. B\, tg.\, \delta = 6{\cdot}91278$
$A\, tg.\, \varphi = 0{\cdot}00648$	$B\, tg.\, \delta = 0{\cdot}00082$

$B\,tg.\,\delta - A\,tg.\,\varphi = -0\cdot00566$
$log.\,(B\,tg.\,\delta - A\,tg.\,\varphi) = 7\cdot75282^n$ (wo n bedeutet, dass die Zahl negativ zu nehmen ist.)
$log.\,\mu = 3\cdot36117$
aus Tafel II . . . $log.\,f = 0\cdot3313$

$log.$ Correction = $1\cdot44529^n$
Correction = -27^s88
Uncorrig. Mitternacht = $12^h\,22'\ 9\cdot43$

Corrig. Mitternacht . = $12^h\,21'\,41^s55$

Das Berliner Jahrbuch gibt für die Mitternacht die Zeitgleichung

Zeitgleichung	= +	3′	53°17	
Correct. wegen der Meridian-Differenz .	= +		0·37	
Mittlere Zeit in Hermannstadt	= 12	3	53·54	
Uhrzeit	= 12	21	41·55	
Fehler der Uhr	= —	17	48·01	

3. Beispiel. Die Vor- und Nachmittags-Beobachtungen des 17. August geben

den uncorrigirten Mittag	= 0^h	21′	19^s28
und die Correction	=	+	13·00
also den corrigirten Mittag	= 0	21	32·29
die verbesserte Zeitgleichung aber ist	= 0	3	47·27
daher der Fehler der Uhr	= —	17	45·02

Demnach ist die Abnahme des negativen Fehlers, oder der zurückbleibende tägliche Gang der Uhr vom 16. bis 17. August

$$17'\ 50^s77 - 17'\ 45^s02 = 5^s75.$$

Ganz dasselbe Verfahren hat man zu befolgen, wenn die correspondirenden Sonnenhöhen an einem Höhenkreise beobachtet wurden. Die Beobachtungsweise mit dem Höhenkreise wird in (79) gezeigt werden.

74. Beispiel einer Zeitbestimmung aus einfachen Sonnenhöhen.

Häufig ereignet es sich jedoch, dass man durch ungünstige Witterung oder andere Umstände an der Ausführung der zweiten Beobachtungsreihe verhindert wird. In diesem Falle kann man auch aus der ersten Reihe allein den Fehler der Uhr finden, jedoch muss man dann die beobachtete Sonnenhöhe selbst, nicht blos die Uhrzeit derselben, genau kennen, daher alle Beobachtungsdaten viel schärfer bekannt sein müssen. Der Collimationsfehler des Instrumentes,

die Refraction, Parallaxe, die Polhöhe des Beobachtungsortes, die Declination der Sonne, ihr Halbmesser, alle diese Grössen, die bei der vorigen Rechnung gar nicht, oder nur annäherungsweise berücksichtigt wurden, müssen jetzt möglichst genau gegeben sein, wenn man zu einem annehmbaren Ergebnisse gelangen will. Es soll beispielsweise die erste Beobachtungsreihe des 17. August berechnet werden, für welche man im Mittel aus allen Beobachtungszeiten

$20^h \; 35' \; 3\overset{s}{.}4$

oder $20 \; 35 \; 1\overset{s}{.}36$ findet

Der Collimationsfehler des Sextanten wurde dadurch bestimmt, dass man, ohne künstlichen Horizont, beide Sonnenbilder, das eine direct durch das Fernrohr, das andere durch doppelte Spiegelung, indem man den Nullpunkt der Alhidade in die Nähe des Nullpunktes der Theilung stellte, ins Gesichtsfeld brachte, sich abwechselnd die oberen und unteren Ränder berühren liess, und nach jeder Berührung die Stellung der Alhidade ablas, wobei man folgende Zahlen fand:

1. Berührung . . .	0°	33′	25″
2. „ . . .	359	30	20
3. „ . . .	0	33	30
4. „ . . .	359	30	20
5. „ . . .	0	33	35
6. „ . . .	359	30	10
Mittel = Collim. Fehler =	—0°	1′	53″3

negativ, weil der Nullpunkt auf die Theilung 1′ 53″ fällt, daher alle Ablesungen um diese Grösse zu hoch sind.

Die Refraction kann hier nicht näher erörtert werden; eine erschöpfende Erklärung derselben wird man in den Lehrbüchern der Astronomie suchen. Hier muss es genügen, sie in die Rechnung einführen zu können. Hierzu ist nöthig, die Zenithdistanz des beobachteten Punktes, den Stand des Barometers, des an ihm befindlichen Thermometers (die Temperatur des Quecksilbers) und die Lufttemperatur während der Beobachtung zu kennen. Es wurde angemerkt

Luftdruck = 26″ 9‴66 Pariser Maass
Temperatur des Quecksilbers = + 17°8 Réaumur
„ der Luft . . . = + 17·0 „

Die beobachtete Zenithdistanz wird man aus den Ablesungen am Instrumente finden, welche die doppelte Sonnenhöhe geben. Das Mittel derselben ist

$2H =$	65°	50′	
Collim.-Fehler =	—	1	53″
Corrig. $H =$	32°	54′	3″5
$90°—H =$ Zenithdistanz $z =$	57	5	56·5

Um die Refraction zu erhalten, dienen die am Ende beigefügten Tafeln III, IV, V und VI.

Tafel III gibt mit der Zenithdistanz als Argument den Logarithmus der mittleren Refraction, d. h. derjenigen, in welcher der Luftdruck und die Temperatur noch nicht berücksichtigt sind.

Man findet für die Zenithdistanz

$z = 57° 0′$ . . . . $\log r =$ 1·9649
mit der Diff. 1′ = 0·00027 für 6′ = + 162
also für 57° 6′ = $\log r =$ 1·96652.

Tafel IV gibt mit dem Argument Luftdruck

für 26″ 9‴ die Correction . . = — 0·01960
mit der Diff. 0‴1 = 0·00014 für 0‴7 98
also für 26″ 9‴7 = — 0·02058.

Tafel V gibt für die Temperatur des Quecksilbers

17°8 die Correction = — 0·00178.

Tafel VI gibt für die Temperatur der äussern Luft

17°0 die Correction = — 0·03240.

Es ist demnach

1·96625
— 0·02058
— 0·00178
— 0·03240
der Logarithmus der Refraction = 1·91149
also Refraction = 81″6 = 1′ 21″6 [1]).

[1]) Bei grossen Zenithdistanzen wird man die aus der Taf. VI genommene Zahl noch mit dem dieser Zenithdistanz zukommenden Factor n multipliciren.

In Folge der Refraction sieht man alle Gestirne höher, als man sie im luftleeren Raume sehen würde; es ist daher die Zenithdistanz zu klein und muss um die davon herrührende Correction vergrössert werden.

Die Parallaxe ist der Winkel, den die Gesichtslinie des Beobachters gegen das Gestirn mit der vom Mittelpunkte der Erde gegen dasselbe gezogenen geraden Linie macht. Durch Anbringung dieser Correction werden daher die gemessenen Sonnenhöhen auf den Mittelpunkt der Erde reducirt, und da man die Gestirne von diesem Standpunkte aus höher sehen würde, als es auf der Oberfläche der Erde der Fall ist, so muss die Parallaxen-Correction von der Zenithdistanz abgezogen werden. Sie ist in der Tafel VII enthalten.

Taf. VII gibt für die Zenithdistanz 57°1
Correction für Parall. = — 7"2

Da endlich die Rechnung nicht mit dem Rande, sondern mit dem Mittelpunkte der Sonne zu führen ist, so ist zu der Zenithdistanz des oberen Randes noch der aus dem Berliner Jahrbuche genommene Halbmesser für den Beobachtungstag hinzuzugeben.

Es ist der Halbmesser für diesen Tag = 15′ 49"6.

Mit diesen Correctionen findet man die corrigirte Zenithdistanz folgendermassen:

Beobachtete Zenithdistanz	57°	5′	56"5
Correct. wegen Refraction	+	1	21·6
„ „ Parallaxe	—		7·2
„ „ Sonnenhalbmesser .	+	15	49·6
Corrigirte Zenithdistanz . . = z =	57	23	0·5

Es muss nun noch die Declination der Sonne für die Beobachtungszeit gesucht werden. Da die Declination im Jahrbuche für den wahren Berliner Mittag gegeben ist, so wird es am zweckmässigsten sein, die Beobachtungszeit in wahrer Berliner Zeit auszudrücken. Man hat:

Uhrzeit der Beobachtung	=	20ʰ	35'0
Fehler der Uhr . . .	=	—	17·7
Mittlere Ortszeit der Beobachtung	=	20	17·3
Zeitgleichung	=	—	3·8
Wahre Ortszeit der Beobachtung	=	20	13·5
Meridian-Diff. zwischen Berlin und Hermannst.	=	—	43·3
Wahre Berlinerzeit der Beobachtung	=	19	30·2

Die Beobachtung war daher noch . . . . $4^h\ 29'8 = 4{\cdot}50$ Stunden vom wahren Mittage entfernt. Ist μ die aus dem Jahrbuche genommene 48stündige Änderung, so ist $\frac{\mu}{48}$ die stündliche und $\frac{\mu}{48}(4{\cdot}5)$ die gesuchte Declinations-Änderung, welche, zur Declination des Mittags hinzu addirt, die Declination zur Beobachtungszeit geben wird. Man hat

log. 4·5 =	0·65321
log μ =	3·36361
Compl. *log.* 48 =	8·31876
log. Decl. Änd. =	2·33558
Decl. Änd. =	3′ 36″6
Decl. im Mittage =	13° 19 52·0
Gesuchte Declin. =	13 23 28·6
Poldistanz = 90° — Decl. = p =	76 36 31·4

Da nun die zur Zeitbestimmung nöthigen Grössen alle vorbereitet sind, so kann man zur Rechnung selbst schreiten. Diese wird nach folgenden Formeln ausgeführt:

Sei z die corrigirte Zenithdistanz,

p die Poldistanz des Sonnencentrums,

ψ das Complement der geographischen Breite zu 90°,

s der Stundenwinkel der Sonne (die wahre Sonnenzeit),

so rechne man zuerst die Grössen

$$a = \tfrac{1}{2}(p + \psi) - \tfrac{1}{2} z$$
$$b = \tfrac{1}{2}(p + \psi) + \tfrac{1}{2} z$$

und man erhält s durch die Formel

$$\cos^2 \tfrac{s}{2} = \frac{\sin. a \,.\, \sin. b}{\sin. p \,\sin. \psi}$$

In dem begonnenen Beispiele hat man

ψ = 90° — 45° 47′ 17″ = 44° 12′ 43″	*log. sin. a* = 9·7207776
p = 76 36 31	*log. sin. b* = 9·9999466
½ $(p+\psi)$ = 60 24 37	*log. sin. p* = 9·9880283
½ z = 28 41 30	*log. sin.* ψ = 9·8434287
a = 31 43 7	*log.* (*sin. a . sin. b*) = 9·7207242
b = 89 6 7	*log.* (*sin. p . sin.* ψ) = 9·8314570
	*log. cos.*² *s*/2 = 2(*log. cos. s*/2) = 9·8892672
	log. cos. s/2 = 9·9446336
	$s/2$ = 28° 19′ 15″
	s = 56 38 30

s in Zeit = $s/15$ = $3^h 46' 34''0$ vor dem wahren Mittage.

Daher wahre Zeit der Beobachtung	=	20^h 13' 26.0
Zeitgleichung	= +	3 49·30 [1]
mittlere Zeit	=	20 17 15·30
die Uhrzeit ist im Mittel . .	=	20 35 1·36, daher war z. Beobach-
tungszeit der Fehler der Uhr	= —	17 46·06.

In den meisten Fällen wird die Rechnung auch mit fünfstelligen Logarithmen hinlänglich genau sein.

75. Bestimmung des Azimuthes eines festen Punktes.

Die magnetische Declination kann nicht bestimmt werden, wenn nicht der Winkelabstand eines festen in der Nähe des Horizontes befindlichen Punktes (der Mire) vom geographischen Meridian des Beobachters (das Azimuth der Mire) bekannt ist, weil hierdurch erst die Richtung des Meridians oder der Mittagslinie gefunden wird, welche, mit jener der magnetischen Axe der Magnetnadel verglichen, die Declination gibt. Man bedient sich zur Bestimmung des Azimuthes am besten eines Theodoliten, und es kann der magnetische Theodolit von Lamont selbst hierzu verwendet werden, wenn, wie dies bei dem in Prag befindlichen der Fall ist, sich eine Vorrichtung daran befindet, Sonnenbeobachtungen anzustellen.

Man stellt zuerst den Theodoliten so, dass die auf die horizontale Axe gesetzte Libelle (nach 13) in jeder Richtung des Fernrohres einspielt, berichtigt das Fadenkreuz (nach 71) dahin, dass der eine Faden genau senkrecht, der andere horizontal stehe, und legt das Fernrohr in seinen Lagern mehrmals um, oder dreht den Horizontalkreis um 180°, damit der Collimationsfehler bekannt werde. Dieser Fehler besteht nämlich in der Abweichung des Durchschnittspunktes der Fäden von der optischen Axe des Fernrohres. Hat man also das Fadenkreuz des Fernrohres auf einen entfernten gut begränzten Gegen-

---

[1]) Die Zeitgleichung wird auf ähnliche Weise gefunden, wie die Declination. Man hat nämlich aus dem Jahrbuche die 48stünd. Änderung vom 16.—18. Aug. = 25.59. Es ist also

	log. 4·5	=	0·65321
	log. 25·59	=	1·40807
Compl.	*log.* 48	=	8·31876
	log. Änd.	=	0·38004
	Änd.	=	2.40
Zeitgleichung im Mittage		=	3' 46·90
Gesuchte Zeitgleichung		=	3 49·30

stand eingestellt, und die Nonien des Horizontalkreises abgelesen, so lege man das Fernrohr um, oder drehe den Kreis um 180° und stelle es auf denselben Punkt ein. Fällt er jetzt wieder genau auf das Fadenkreuz, so ist kein Collimationsfehler vorhanden; geht aber der Gegenstand an dem Durchkreuzungspunkte der Fäden vorüber, und muss der Horizontalkreis nicht blos um 180° sondern um $180° + n$ gedreht werden, damit er wieder mit dem Fadenkreuze zusammentreffe, so ist n der doppelte Collimationsfehler des Theodoliten.

Wenn auf diese Weise die Fehler des Instrumentes erkannt und möglichst verbessert sind, so richte man das Fernrohr zuerst auf die Mire, schliesse die Klemmschraube, bringe mit der Mikrometerschraube die Bedeckung derselben vom Fadenkreuze zu Stande, und merke an, was bei dieser Lage des Fernrohres die Nonien angeben. Sodann öffne man die Klemmschrauben, richte das Fernrohr gegen die Sonne, so dass diese sich in jenem Theile des Gesichtsfeldes befinde, wo sie sich dem Fadenkreuze nähert, aber dasselbe noch nicht berührt hat, schliesse dann die Klemmschraube und stelle das Fernrohr auf einen solchen Höhenwinkel, dass der Horizontalfaden (nämlich jener der beiden Fäden des Kreuzes, welcher, wenn es auf die Mire gerichtet ist, eine horizontale Lage hat) die Sonnenscheibe halbirt. Diese wird nun dem Verticalfaden immer näher zu kommen scheinen, und damit die bald erfolgende Berührung des Sonnenrandes mit dem Verticalfaden in der Nähe des Kreuzes geschehe, suche man durch die Mikrometerschraube des Höhenkreises das Fernrohr immer in jene Höhe zu stellen, dass der Horizontalfaden fortwährend durch die Mitte der Sonnenscheibe geht. Zugleich zähle man die Schläge des Chronometers, um genau jenen Schlag angeben zu können, bei welchem der erste Sonnenrand den Verticalfaden berührt. Dieser Schlag, so wie die zu ihm gehörige Minute und Stunde merke man an. Hierauf lese man den Stand des Fernrohres auf dem Horizontalkreise ab, schreibe diese Ablesung an, und suche dann auch die Zeit des Durchganges des zweiten Sonnenrandes durch das Fadenkreuz oder durch den verticalen Faden in der Nähe desselben zu beobachten, wozu man wieder die Höhe des Fernrohres so stellt, dass der Horizontalfaden stets durch die Mitte der Sonnenscheibe geht. Die Zeit des Durchganges des zweiten Sonnenrandes ist ebenfalls anzuschreiben. Da der zweite Durchgang 2 bis

5 Minuten oder noch später nach dem ersten eintritt, so hat man für die Ablesung der Nonien zwischen beiden hinlänglich Zeit. Ist man jedoch im ganzen Verfahren noch nicht gehörig eingeübt, so wird es besser sein, diese Ablesung bis nach dem Durchgange des zweiten Sonnenrandes zu verschieben. Das Mittel der Durchgangszeiten beider Ränder ist die Durchgangszeit des Sonnenmittelpunktes, und diese Zeit ist es, die man bei der Berechnung braucht.

Man hat während der Beobachtung, nämlich in der Zwischenzeit zwischen den Durchgängen beider Ränder, jede Berührung des Instrumentes, die nicht nöthig ist, zu vermeiden, um so mehr also jeden Stoss nicht nur an das Instrument, sondern auch an das Gestelle, so wie auch die geringste Drehung der Mikrometerschraube des Azimuthalkreises. Ferner ist das Instrument wo möglich durch eine Beschirmung, die nur für das Objectiv des Fernrohres eine hinreichende Öffnung lässt, vor dem Einflusse der directen Sonnenstrahlen zu schützen, und die Libelle durch gehörige Benützung der Fussschrauben in der Mitte zu erhalten.

Nach vollendeter erster Beobachtung beider Ränder kann man zur zweiten schreiten, indem man die Klemmen löst, das Fernrohr so weit gegen Westen rückt, dass die Sonne wieder jenseits des Fadenkreuzes zu stehen kömmt, und so wie bei der ersten Beobachtung verfährt. Nach vier- oder fünfmaliger Wiederholung, wodurch das Resultat einen hinlänglichen Grad von Sicherheit erlangt, wird das Fernrohr nochmals auf die Mire eingestellt, sowohl um auch hier einen Beobachtungsfehler möglichst zu vermeiden, als auch um sich zu überzeugen, dass das Instrument während der Beobachtungsreihe unverrückt geblieben ist, was man daraus erkennt, dass das auf die Mire eingestellte Fernrohr nahezu dieselbe Ablesung gibt, wie bei der ersten Einstellung.

Es ist bequem, die Beobachtungen so einzurichten, dass jede derselben von der vorgehenden um eine gleiche Änderung des Azimuthes, z. B. um einen Grad, verschieden ist.

Die Berechnung der Beobachtungen wird sich am besten in einem Beispiele zeigen lassen. Sie geschieht nach den Formeln

$$tang\ n = \frac{tang\ \delta}{cos\ s}$$

$$tang\ \omega = \frac{cos\ n\ tang\ s}{cos\ (n + \psi)}$$

in denen δ die Declination, s der Stundenwinkel der Sonne (die wahre Sonnenzeit) im Augenblicke der Beobachtung ist; ψ bedeutet das Complement der geographischen Breite des Beobachtungsortes zu 90°, n ist eine Hilfsgrösse und ω das gesuchte Azimuth.

76. Beispiel einer Azimuth-Bestimmung.

Am 10. April 1848 (bürgerlich gerechnet) wurde in Prag folgende Beobachtung angestellt:

Uhrzeit Dent.		Ablesung.		Mire.	
1. Sonnenrand	2. Sonnenrand	1. Nonius	2. Nonius	1. Nonius	2. Nonius
21ʰ 16′ 106ˢ	21ʰ 19′ 47ˢ	158°0′	338°0′	145°17ˢ0	325°26ˢ0
21 21 5	21 23 104	157 0	337 0		
21 25 40	21 27 137	156 0	336 0		
21 29 68	21 32 14	155 0	335 0	145 17·0	325 16·0

Die Uhrzeiten sind astronomisch gerechnet, so dass 21ʰ die 9. Vormittagsstunde bedeutet, und in mittleren Stunden, Minuten und in Chronometerschlägen ausgedrückt, deren 150 auf die Minute gehen. Der Uhrfehler zur Zeit der Beobachtung war — 45′ 17ˢ42, durch welchen die Uhrzeit auf mittlere Sonnenzeit gebracht wird. Um die Berechnung zu vereinfachen, kann man bei der schnellen Aufeinanderfolge der Beobachtungen ohne Anstand zuerst das Mittel der Durchgangszeiten beider Ränder, und dann den Durchschnitt aller vier Beobachtungen nehmen, welchen man als eine einzige Beobachtung der Rechnung zu Grunde legen wird.

Die Mittel der Durchgänge beider Ränder sind

	21ʰ	18′	1ˢ5
	21	22	54·5
	21	26	88·5
	21	30	116·0
und ihr Durchschnitt ist	21	24	65·1

oder in Zeitsecunden statt der Chronom.-Schläge .	21ʰ	24′	26ˢ04
Fehler der Uhr	—	45	17·42
Mittlere Prager Zeit	20	39	8·62

Um aus dieser Zeit die wahre Zeit oder den Stundenwinkel der Sonne zu erhalten, wird man die Zeitgleichung abziehen, welche man

aus dem Berliner Jahrbuche nach dem in (74) angegebenen Verfahren berechnet.

Man findet: Mittlere Prager Zeit $= 20^h\,39'\;\,8^s62$
Zeitgleichung . . . $= -\;\;1\;\,18\cdot30$
Wahre Prager Zeit $= 20\;\,37\;\,50\cdot32$

Der Stundenwinkel der Sonne ist die in Bogen verwandelte (1 Stunde $= 15^\circ$) wahre Sonnenzeit. Da die Sonne östlich vom Meridian steht, so wird man besser thun, den Stundenwinkel östlich zu nehmen, d. h. das Complement der Beobachtungszeit zu 24 Stunden in Bogen zu verwandeln.

Da die Beobachtungszeit $= 20^h\,37'\,50^s32$
ist, so ist das Complement . $= 3\;\,22\;\,9\cdot68$
Es geben aber 3 Stunden in Grade verwandelt 45°
22 Minuten „ „ „ $5\;\,30'$
9·68 Secunden „ „ „ $2\;\,25''$
Daher der östliche Stundenwinkel $= 50\;\,32\;\,25$
oder $= 50^\circ\,32'4 = s$

Die Declination der Sonne zur Beobachtungszeit ergibt sich nach dem in (74) angedeuteten Verfahren $\delta = 8^\circ\,2'2$.

Da nun alle zur Rechnung nöthigen Behelfe vorhanden sind, so kann diese selbst begonnen werden. Sie stellt sich folgendermassen:

$$lg.\,tg.\,\delta = 9\cdot14981$$
$$lg.\,cos.\,s = 9\cdot80314$$
$$lg.\,tg.\,n = 9\cdot34667$$
$$n = 12^\circ31'5$$

wegen der geographischen Breite von Prag

$$= 50^\circ\;5'3 \text{ wird } \psi = 39\;\,54\cdot7$$
$$n + \psi = 52\;\,26\cdot2$$
$$lg.\,cos.\,n = 9\cdot98954$$
$$lg.\,tg.\,s = 10\cdot08451$$
$$lg.(cos.\,n\,tg.\,s) = 20\cdot07405$$
$$lg.\,cos.\,(n + \psi) = 9\cdot78507$$
$$lg.\,tg.\,\omega = 10\cdot28898$$
$$\omega = 62^\circ47'6$$

d. h. das Sonnen-Centrum stand zur Beobachtungszeit $62^\circ\;47'6$ östlich vom Meridian.

Um nun den Punkt des horizontalen Kreises des Theodoliten kennen zu lernen, welcher in dem durch seinen Mittelpunkt gehenden

Meridian liegt, bedenke man, dass dem Mittel der Beobachtungszeiten auch das Mittel der Ablesungen auf dem Kreise entsprechen müsse, und dass dieses Mittel in der angeführten Beobachtungsreihe = 246° 30'0 ist. Wenn also zur Beobachtungszeit, nämlich um 20^h 37' 50"32 das Fernrohr so auf die Sonne gerichtet gewesen wäre, dass das Fadenkreuz den Sonnenmittelpunkt in diesem Augenblicke gedeckt hätte, so würde man bei dieser Stellung des Rohres auf dem Kreise 246° 30'0 abgelesen haben. Da aber die Sonne damals noch 62° 47'6 östliches Azimuth hatte, und wie man aus der Beobachtungsreihe sieht, die Theilungszahlen des Kreises kleiner werden, so wie das östliche Azimuth kleiner wird, so würde, wenn man die Sonne bis in den Meridian verfolgt hätte, die Ablesung noch um 62° 47'6 abgenommen haben, d. h. die Ablesung, wenn das Fernrohr in den Meridian gestellt ist, wird sein

246° 30'0 — 62° 47'6 = 183° 42'4

als das Fernrohr auf die Mire gestellt war, fand man aber im Mittel	235° 16'5
Es steht daher die Mire östlich vom Meridiane um welches das östliche Azimuth der Mire ist.	51° 34'1

Will man aber den Unterschied: östliches und westliches Azimuth nicht gebrauchen, sondern alle in derselben Richtung (von Süd über West) bis 360° zählen, so wäre

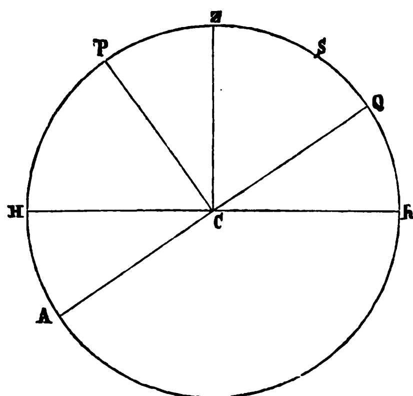
das Azimuth der Mire = 360° — 51° 34'1 = 308° 25'9'.

77. Bestimmung der geographischen Breite.

Wer sich im Besitze eines Sextanten oder Höhenkreises und einer astronomischen Uhr befindet, ist auch im Stande, die geographische Breite oder, wie man zu sagen pflegt, die Polhöhe seines Beobachtungsortes zu bestimmen, und da diese, wie man gesehen hat, bei der Berechnung des Uhrfehlers und Azimuthes nicht entbehrt werden kann, so soll das Verfahren hiebei noch gezeigt werden. Man scheint sich freilich im Kreise herum zu bewegen, indem man zur Auffindung des Uhrfehlers die Polhöhe, und, um diese zu finden, den Uhrfehler kennen muss, allein man hat schon gesehen, dass, um den Uhrfehler aus correspondirenden Sonnenhöhen zu bestimmen, eine genäherte Kenntniss der Polhöhe genügt, wie sie aus jeder guten Land-

karte entnommen werden kann. Andererseits gibt es auch Methoden, die Polhöhe zu bestimmen, bei denen man den Uhrfehler gar nicht oder nur genähert zu kennen nöthig hat.

Fig. 60.



Es soll hier nur das Verfahren gezeigt werden, durch welches aus den Mittagshöhen der Sonne die Polhöhe gefunden wird, und um die Möglichkeit im Allgemeinen einzusehen, betrachte man die Fig. 60, in welcher $PZSQ$ den Meridian des Beobachters, Z sein Zenith, Hh seinen Horizont, P den Himmelspol und 90° davon entfernt AQ den Äquator, also ZQ die Polhöhe [1]) darstellt. Ist die Sonne in S im Meridian des Beobachters, hat dieser die mittägige Zenithdistanz $SZ = z$ beobachtet, und kennt er aus der astronomischen Ephemeride ihre Declination $\delta = SQ$ im Augenblicke des Durchganges durch den Meridian, so ist die

$$\text{Polhöhe } ZQ = ZS + SQ = z + \delta$$

wo, so wie in (74) die Zenithdistanz von Refraction und Parallaxe befreit und auf den Sonnenmittelpunkt bezogen sein muss.

Wäre man also in der Lage, dass man den Fehler seiner Uhr noch nicht kennte, als auch keine gute Landkarte besässe, aus der man die geographische Breite entnehmen könnte, so hat man nichts weiter nöthig, als mit dem Sextanten oder Höhenkreise einige Zeit vor dem Mittage die Sonnenhöhe zu messen und zuzuwarten, bis sie nicht mehr wächst, sondern abzunehmen beginnt. Die grösste Höhe, welche man erhält, ist die Mittagshöhe, welche, wenn man die Declination der Sonne kennt, sogleich einen sehr genäherten Werth der Polhöhe geben wird.

---

[1]) Da, wie man sich leicht überzeugen kann, der Bogen ZQ dem Bogen PH gleich ist, so wird dadurch der Name Polhöhe gerechtfertigt.

Gewöhnlich wird man sich nicht mit einer vereinzelten Beobachtung begnügen, sondern eine Reihe derselben anstellen, während welcher sich aber die Sonne nicht im Meridiane, sondern östlich oder westlich, wenngleich in geringer Entfernung von demselben befinden wird. Es muss also ein Mittel gegeben sein, die vor oder nach dem Durchgang durch den Meridian beobachteten Sonnenhöhen, welche man Circummeridianhöhen heisst, so zu verbessern, dass man aus jeder derselben die Meridian-Höhe erlangen kann, oder, wie man zu sagen pflegt, auf den Meridian zu reduciren. Man wird dann eben so viele Meridian-Höhen haben, als man in und ausser demselben Beobachtungen angestellt hat, und das Mittel wird eine so viel genauere Bestimmung der Polhöhe geben.

Da die Höhe der Sonne sich ändert, je nachdem sie mehr oder weniger vom Meridiane entfernt ist, welche Entfernung wieder von dem Stundenwinkel oder der wahren Sonnenzeit abhängig ist, so muss man vor allem die wahre Sonnenzeit berechnen, bei welcher eine Beobachtung gemacht worden ist, wobei man jedoch, wenn genau verfahren werden soll, die schon in (72) erörterte Änderung der Declination der Sonne wieder zu berücksichtigen hat, denn sie macht eine Verbesserung nöthig, welche am besten an die Zeit des Mittags angebracht wird, indem man sie um eben so viele Secunden vergrössert oder verkleinert, als deren zwischen dem Durchgange durch den Meridian und der Zeit der grössten Höhe verflossen sind. Bedeutet für den Mittag des Beobachtungstages

δ = die Declination der Sonne,

φ = die genäherte Polhöhe des Beobachters,

μ = die 48stündige Änderung der Declination,

A = eine Constante, für welche $\log A = 7{\cdot}72470$ ist,

so ist die Verbesserung

$$C = A\,\mu\,\frac{\sin(\varphi - \delta)}{\cos\varphi\,\cos\delta} = A\mu\,.\,a,$$

$$\text{wo } a = \frac{\sin(\varphi - \delta)}{\cos\varphi\,\cos\delta} \text{ ist.}$$

Wird die Declination der Sonne südlich, so ist $\sin(\varphi + \delta)$ statt $\sin(\varphi - \delta)$ zu setzen.

In unseren Gegenden, wo φ immer grösser ist als δ, wird die Correction positiv, wenn μ positiv ist, d. h. im Winter und Frühlinge (so lange die Sonne sich dem Nordpole nähert); im Sommer und Herbste ist sie negativ.

Hat man die Zeit des wahren Mittags durch die Grösse C verbessert, und die Beobachtungszeiten durch die angebrachte Uhr-Correction und Zeitgleichung in wahre Sonnenzeiten verwandelt, so sind die Unterschiede zwischen diesen Zeiten und der des Mittags die den Beobachtungen zugehörigen Stundenwinkel, welche man aber einfacher erhält, wenn man zur mittleren Zeit des wahren Mittags, welche aus der Ephemeride durch die Zeitgleichung gegeben ist, den Uhrfehler hinzugibt (addirt, wenn die Uhr mehr zeigt, als sie zeigen sollte; subtrahirt, wenn sie weniger zeigt), so wie die Correction C, und von der hiedurch gefundenen Uhrzeit des corrigirten Mittags die Uhrzeit der Beobachtung abzieht.

Sind auf diese Weise die Stundenwinkel $= s$ für jede Beobachtung gerechnet, so sucht man mit ihnen als Argument aus der Tafel VIII die Grössen

$$m = \frac{2 \sin^2 s/_2}{\sin 1''} \quad \text{und} \quad n = \frac{2 \sin^4 s/_2}{\sin 1''}$$

und dann ist die gesuchte Reduction auf den Meridian

$$x = \frac{m}{a} - \frac{n \cot g\,(\varphi-\delta)}{a^2}$$

wo, wie in obiger Formel

$$a = \frac{\sin\,(\varphi-\delta)}{\cos\varphi \cos\delta} \text{ ist.}$$

Der Factor n wird für Stundenwinkel unter 10 Zeitminuten so klein, dass das zweite Glied der Reduction vernachlässigt werden kann.

Die beobachtete Zenithdistanz um die Reduction verkleinert, gibt die Meridian-Zenithdistanz $= Z$.

Das Mittel aller Meridian-Zenithdistanzen wird wie in (74) wegen Refraction, Parallaxe und dem Halbmesser der Sonne corrigirt, und mit diesem corrigirten Mittel z findet man die

$$\text{Polhöhe } \varphi = z + \delta.$$

78. Beispiel einer Polhöhen-Bestimmung mit dem Sextanten.

Am 4. Mai 1848 wurden in Brünn folgende Circummeridian-Höhen des unteren Sonnenrandes mit einem Sextanten beobachtet:

Uhrzeit	Ablesung	Uhrzeit	Ablesung	Uhrzeit	Ablesung
$23^h 45' 102^s$	$113^\circ 16' 20''$	$23^h 52' 128^s$	$113^\circ 16' 10''$	$23^h 59' 149^s$	$113^\circ 8' 0''$
23 49 88	113 16 30	23 53 112	113 15 20	0 0 117	113 6 0
23 50 83	113 16 30	23 54 88	113 14 5	0 1 76	113 5 30
23 51 64	113 17 0	23 55 55	113 13 40	0 2 105	113 2 30
23 52 14	113 16 30	23 57 113	113 11 20	0 3 69	113 1 20
		23 59 10	113 9 20		

Die Uhr machte 150 Schläge in 1 Minute, und die Beobachtungszeiten sind in Uhrschlägen ausgedrückt. Die Ablesung ist die doppelte Sonnenhöhe. Zur Bestimmung des Collimationsfehlers wurde folgende Beobachtung gemacht:

1.	Berührung	$359^\circ 30' 5''$
2.	„	0 33 50
3.	„	359 30 10
4.	„	0 33 45
5.	„	359 30 15
6.	„	0 33 50

woraus der Collimationsfehler $= -1' 59''2$ hervorgeht. Der Barometerstand war $= 27'' 6'''47$ bei $12^\circ 1$ Réaum. des Quecksilbers und $11^\circ 8$ Lufttemperatur. Die Uhr zeigte zu wenig um $F = + 7' 51^s 3$.

Es ist nun zuerst die Zeitgleichung und die Declination der Sonne für die Zeit der Beobachtung, nämlich für den wahren Mittag zu Brünn zu suchen, was nach dem in (74) angewendeten Verfahren geschehen wird. Es ist der Längenunterschied zwischen Brünn und Berlin $= 3^\circ 13' 24''$ im Bogen
oder in Zeit $= \quad 12' 53^s 6 = 0{\cdot}215$ Stunden.

Es tritt also der wahre Mittag um 0·215 Stunden früher in Brünn als in Berlin ein.

Die 48stündige Änderung, die für die Declination ohnehin in der Ephemeride durch *log. μ* gegeben ist, findet man für die Zeitgleichung

$$= 11^s 42.$$

Es ergibt sich daher für die Auffindung der Änderung der Declination und Zeitgleichung während der angeführten Zwischenzeit folgende Rechnung:

	Declination	Zeitgleichung.
log. 0·215 =	9·33244	9·33244
log. μ =	3·31687	1·05767
Compl. *log.* 48 =	8·31876	8·31876
log. Änd. =	0·96807	8·70887
Änd. =	— 9″3	— 0″05
im Berl. Mittage δ =	16° 4′ 18·9 . . .	Zeitgl. = 3′ 24·44
im Brün. Mittage δ =	16 4 9·6 . . .	Zeitgl. = 3 24·39

Mit der genäherten Polhöhe $\varphi = 49°\ 11'$ berechne man nun die Verbesserung des Mittages nach der Formel

$$C = \mu \,.\, A \,.\, a$$

$$\text{wo } a = \frac{Sin.\ (\varphi - \delta)}{cos.\ \varphi\ cos.\ \delta} \quad \text{und } log.\ A = 7{\cdot}72470$$

$\varphi = 49° 11'$
$\delta = 16\ \ 4$
$\varphi - \delta = 33\ \ 7$

log. Sin. $(\varphi - \delta)$ =	9·73747
C log. cos. φ =	0·18466
C log. cos. δ =	0·01730
log. a =	0·93943
log. A =	7·72470
log. μ =	3·31687
log. C =	0·98100
C =	+ 9″6

Man kann nun die corrigirte Uhrzeit des wahren Mittages rechnen. Nach der Zeitgleichung ist die mittere Zeit um 3′ 24″4 kleiner, als die wahre Zeit, es ist daher im wahren Mittage oder um $0^h\ 0'\ 0''$ wahrer Zeit

die mittlere Zeit =	23^h 56′ 35″6
Uhrfehler *F* =	— 7 51·3
C =	+ 9·6
Corrigt. Uhrzeit im wahren Mittage =	23 48 53·9

Mittelst dieser Uhrzeit des Mittages erhält man durch Subtraction von den einzelnen Beobachtungs-Uhrzeiten die Stundenwinkel = *s*, und dadurch aus der Tafel VIII die zur Berechnung der

Reduction nöthigen Grössen *m* und *n*. Diese Berechnung soll an den zwei ersten und den drei letzten der oben angeführten Beobachtungen gezeigt werden, in welcher man jedoch zuerst die Chronometerschläge in Zeitsecunden verwandeln wird.

Mittag	23^{h} 48′ $53^{s}9$	23^{h} 48′ $53^{s}9$	23^{h} 48′ $53^{s}9$	23^{h} 48′ $53^{s}9$	23^{h} 48′ $53^{s}9$
Beob.-Zeit	23 45 40·8	23 49 35·2	0 1 30·4	0 2 42·0	0 3 27·6
s	3 13·1	0 41·3	12 36·5	13 48·1	14 33·7
log. m	1·30829	9·96339	2·49424	2·57278	2·61941
Compl. *log. a*	0·06057	0·06057	0·06057	0·06057	0·06057
$log. \frac{m}{a}$	1·36886	0·02396	2·55481	2·63335	2·67998
log. n	—	—	9·36034	9·53195	9·62362
log. cotg. $(\varphi-\delta)$	—	—	10·18555	10·18555	10·18555
Compl. *log.* a^2	—	—	0·12114	0·12114	0·12114
$log. \frac{n\, Cotg.(\varphi-\delta)}{a^2}$	—	—	9·66703	9·83864	9·93031
$\frac{m}{a}$	$23^{s}4$	$1^{s}1$	$358^{s}8$	$429^{s}9$	$478^{s}6$
$-\frac{n\, Cotg.(\varphi-\delta)}{a^2}$	—	—	— 0·5	— 0·7	— 0·9
Reduction	$23^{s}4$	$1^{s}1$	5′ $58^{s}3$	7′ $9^{s}2$	7′ $57^{s}7$

Da man auf dem Instrumente nur 10 Secunden ablesen und ungefähr die Hälfte davon noch schätzen kann, so ist es nicht nöthig, die Rechnung mit Bruchtheilen von Secunden weiter zu führen; man kann sich, bis man zu den Mittelwerthen gelangt, mit ganzen Secunden begnügen. Rechnet man auf gleiche Weise die Reductionen auch für die übrigen Beobachtungen, so findet man dafür die in der folgenden Tafel angeführten Grössen. Um aus den auf dem Instrumente abgelesenen Zahlen die Sonnenhöhe zu finden, muss man sie wegen der in 70 angegebenen Einrichtung, welche den aufgetragenen Theilungen den doppelten Werth zuweist, halbiren, wodurch man die in der ersten Spalte der folgenden Tafel enthaltenen Sonnenhöhen findet.

Beobachtete Höhen	Reduction +	Meridian-Höhen
56° 38′ 10″	23″	56° 38′ 33″
56 38 15	1	38 16
56 38 15	6	38 21
56 38 30	14	38 44
56 38 15	23	38 38
56 38 5	35	38 40
56 37 40	53	38 33
56 37 3	1′ 13	38 16
56 36 50	1 34	38 24
56 35 40	2 57	38 37
56 34 40	3 53	38 33
56 34 0	4 38	38 38
56 33 0	5 19	38 19
56 32 45	5 58	38 43
56 31 15	7 0	38 24
56 30 40	7 58	38 38

Mittel = 56° 38′ 31″1
Collim.-Fehler = — 59·6 [1]
Corrig. Meridian-Höhe = 56 37 31·5
Merid. Zenithdistanz = 33 22 28·5 = Z.

Mit dieser Zenithdistanz und den Angaben des Barometers und der Thermometer findet man die Refraction wie oben in (74), nämlich

aus Taf. III *log. r* = 1·59687
" " IV . . . = — 0·00715
" " V . . . = — 0·00121
" " VI . . . = — 0·02272
log. Refr. = 1·56579
Refr. = + 36″8
aus Taf. VII Parallaxe = — 4·6

Der Halbmesser der Sonne ist nach der Ephemeride = 15′ 52″2, und muss, da der untere Sonnenrand beobachtet worden, also die Zenithdistanz zu gross ist, von dieser abgezogen werden. Man hat daher

[1]) Da der Collimationsfehler, so wie alle auf dem Sextanten abgelesenen Bögen nur die Hälfte des abgelesenen Werthes beträgt, so ist auch nur dieser halbe Werth in Rechnung zu nehmen, wenn man nicht etwa, wie in (74), die doppelten Höhen damit corrigiren will.

$Z =$	$33°22'\,28''5$
Refr. + Parall. $=$	$+\quad 32{\cdot}2$
Halbmesser $=$	$-\ 15\ \ 52{\cdot}2$
$z =$	$33\ \ 7\ \ 8{\cdot}5$
$\delta =$	$16\ \ 4\ \ 9{\cdot}6$
Polhöhe $\varphi =$	$49\ \ 11\ \ 18{\cdot}1$

79. Polhöhen-Bestimmung mit dem Höhenkreise.

Wenn man mit einem Höhenkreise beobachtet, so muss statt des Collimations-Fehlers der Zenithpunkt des Kreises in Betracht gezogen werden, nämlich jene Theilung, welche gegen das Zenith des Beobachters gerichtet ist, denn von diesem aus ist die Zenithdistanz zu rechnen. Das einfachste Mittel, den Zenithpunkt kennen zu lernen und die Polhöhe von demselben unabhängig zu machen, ist, die Circummeridian-Höhen bei zwei Lagen des Kreises zu beobachten, nämlich einige in der Lage, wenn die Theilung des Kreises gegen Osten gewendet ist, bei Kreis Ost, die andere bei Kreis West, indem man den Kreis um 180° dreht. Man sieht leicht ein, dass das Fernrohr, das früher auf die Sonne eingestellt war, nach dieser Wendung gegen Norden gerichtet sein wird, und dass man es um die doppelte Zenithdistanz gegen Süden drehen müsse, um die Sonne wieder in's Gesichtsfeld zu bringen. Hat man also alle vor dieser Wendung (bei Kreis West) gemachten Ablesungen auf den Meridian reducirt und ihre Mittel $= M$ genommen und ist M' das Mittel der auf den Meridian reducirten Ablesungen nach der Wendung (bei Kreis Ost), so ist die vom Zenithpunkt unabhängige Zenithdistanz . . . . $= \frac{1}{2}(M' - M)$
und der Zenithpunkt ist . . . . $= \frac{1}{2}(M' + M)$

Es ist wohl für sich klar, dass man den Zenithpunkt auch eben so gut mittelst eines fixen Punktes am Horizonte bestimmen könne, auf welchen man das Fernrohr bei zwei um 180° verschiedenen Lagen des Kreises einstellt und das Mittel beider Ablesungen nimmt.

80. Correction wegen der Libelle.

Wenn das Instrument während der Beobachtung sich verstellt, was durch eine Abweichung der Libellenblase von der Mitte angedeutet wird, so muss man es durch die Fussschrauben gleich

wieder in die richtige Lage bringen. Ist die Abweichung nicht gross, beträgt sie nur einige Theilstriche, so thut man besser, sie in Rechnung zu bringen, zu welchem Zwecke man den Werth eines Theilstriches kennen muss. Zu dieser Kenntniss gelangt man, wenn der Werth nicht ohnehin auf der Libelle angemerkt ist, am einfachsten, wenn man das Instrument so stellt, dass die Axe der Libelle in der durch eine Fussschraube gelegten Verticalebene, oder dieser Ebene parallel ist. Mit dieser Fussschraube hebt oder senkt man das Instrument, bis die Blase der Libelle weit von der Mitte entfernt ist, ohne dass jedoch das eine ihrer Enden von der Fassung verdeckt wird. Bei dieser Stellung des Instrumentes richtet man das Fernrohr auf einen festen Punkt, den man unter das Fadenkreuz bringt, worauf sowohl die Nonien des Kreises, als die den Blasenenden entsprechenden Theilungen der Libelle abgelesen werden.

Nun schraube man dieselbe Fussschraube so, dass die Blase sich auf die entgegengesetzte Seite von der Mitte entfernt, stelle das Fernrohr wieder auf denselben festen Punkt ein, und lese Kreis und Libelle ab. Dieses Verfahren wiederhole man mehrmals.

Ist daher: A die erste Ablesung des Kreises,
A' die zweite „ „ „
N, S die den Blasenenden entsprech. Theil. der Libelle bei der ersten
N', S' „ „ „ „ „ „ „ bei der zweiten
Ablesung, so ist der Werth eines Theilstriches der Libelle

$$W = \frac{A' - A}{\frac{1}{2}[(N' - N) + (S - S')]}$$

und W ist in Secunden ausgedrückt, wenn $A' - A$ so ausgedrückt ist. Als Beispiel kann folgende Bestimmung dienen:

	Libelle	Kreis
I.	$N = 2{\cdot}0$	1. Nonius = 273° 1′ 0″
	$S = 22{\cdot}0$	2. „ = 93 0 0
II.	$N = 20{\cdot}0$	1. Nonius = 273 0 10
	$S = 4{\cdot}3$	2. „ = 92 59 10
III.	$N = 1{\cdot}7$	1. Nonius = 273 1 0
	$S = 23{\cdot}0$	2. „ = 93 0 0
IV.	$N = 22{\cdot}0$	1. Nonius = 273 0 0
	$S = 1{\cdot}0$	2. „ = 92 59 10

$$\text{I u. II gibt} \begin{cases} N' - N = 18\cdot0 \\ S - S' = 17\cdot7 \end{cases} A' - A = 50'' \text{ also } W = \frac{50''}{17\cdot85} = 2''80$$

$$\text{II u. III gibt} \begin{cases} N' - N = 18\cdot3 \\ S - S' = 18\cdot7 \end{cases} A' - A = 50'' \text{ also } W = \frac{50''}{18\cdot5} = 2\cdot70$$

$$\text{III u. IV gibt} \begin{cases} N' - N = 21\cdot3 \\ S - S' = 22\cdot0 \end{cases} A' - A = 55'' \text{ also } W = \frac{55''}{21\cdot65} = 2\cdot54$$

$$\text{Mittel} = 2''68$$

Hat man nun irgend eine Sonnenhöhe oder Zenithdistanz beobachtet, und dabei die Stellung der Blase abgelesen, so ist die Correction wegen der Libelle

$$C = \pm W\left(\frac{S - N}{2}\right)$$

wo das obere oder untere Zeichen gilt, je nachdem die Theilung des Kreises vom Zenith gegen Süden ab- oder zunimmt.

81. Beispiel der Berechnung einer Beobachtung.

Am 6. August 1849 wurden in Prag folgende Circummeridianhöhen des untern Sonnenrandes beobachtet:

Uhrzeit	Kreis West			
	Ablesung am Kreise		Ablesung an der Libelle	
	1. Nonius.	2. Nonius.	Süd.	Nord.
23^h 45′ 13″	217° 27′ 30″	37° 26′ 40″	6·2	19·6
23 47 54	217 22 20	37 21 30	14·0	10·6
23 50 36	217 18 30	37 17 40	14·1	10·0
	Kreis Ost.			
0^h 32′ 24″	149° 29′ 10″	329° 28′ 30″	10·0	14·1
0 35 34	149 23 50	329 23 10	14·8	9·8
0 40 55	149 13 50	329 13 10	11·5	13·0

Die Uhr zeigte um 6′ 27ˢ51 zu viel, der Barometerstand war = 27″ 5‴20, die Temperatur des Quecksilbers = + 16°3, jene der Luft = + 17°0 Réaum.

Bei der Ablesung kann man das Mittel der Minuten und Secunden beider Nonien nehmen und ihm die Grade des 1. Nonius vorsetzen. Die Correction wegen der Libelle ist

12 *

$$\text{für Kreis West} = -W\left(\frac{S-N}{2}\right)$$

$$\text{„ „ Ost} = +W\left(\frac{S-N}{2}\right)$$

wo $W = 2^{s}68$ ist. Man findet daher

	Kreis West.		
Ablesung	217° 27′ 5″	217° 21′ 55″	217° 18′ 5″
Correction der Libelle	+ 18	— 5	— 5
Corrigirte Ablesung .	217 27 23	217 21 50	217 18 0
Reduction	— 25 48	— 20 14	— 16 28
Meridian-Ablesung .	217 1 35	217 1 36	217 1 32
	Kreis Ost.		
Ablesung	149° 28′ 50″	149° 23′ 30″	149° 13′ 30″
Correction der Libelle	— 5	+ 6	— 2
Corrigirte Ablesung .	149 28 45	149 23 36	149 13 28
Reduction	+ 15 19	+ 20 24	+ 30 34
Meridian-Ablesung .	149 44 4	149 44 0	149 44 2

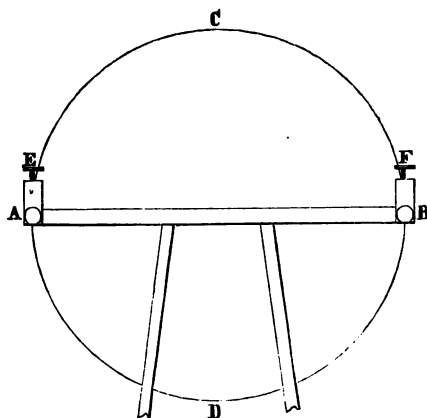
Mittel Kr. West = 217° 1′ 34ˢ3 ⎫
Kr. Ost = 149 44 2·0 ⎭ Zenithpunkt = 183° 22′ 48ˢ15

Merid. Zen. Distanz = 33 38 46·2 = Z

womit man zur Berechnung der Polhöhe wie im vorigen Beispiele verfährt.

82. Mikroskope.

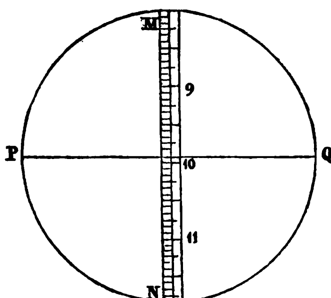
Fig. 61.



Die neueren Instrumente sind statt der Nonien oft mit Mikroskopen versehen, die an einem eigenen Träger AB (Fig. 61) angebracht werden, welcher während der Beobachtung seine unverrückte Lage behalten soll und desswegen auch mit einer Libelle versehen ist. Sie sind so gegen den eingetheilten Kreis $ACBD$ gerichtet, dass man in ihrem Gesichtsfelde, das in Fig. 62

dargestellt wurde, einen Bogen desselben mit der Theilung *MN* erblickt, durch welche der im Brennpunkte des Mikroskopes gespannte Faden *PQ* geht. Dieser Faden ist an einem eigenen Schieber befestigt, mit welchem er sich durch die Schrauben *E* und *F* der Mikroskope (Fig. 61) verschieben lässt. Die feinen Schrauben, welche die Schieber bewegen, haben grosse Köpfe oder Trommeln, auf welchen eine Theilung mit einem Index (Zeiger) aufgetragen ist, so dass man genau ersehen kann, um wie viel sie gedreht, also die Schieber und die Fäden verstellt wurden, vorausgesetzt, dass man weiss, um wie viel sich der Faden bewegt, wenn die Schraube um einen Umgang gedreht wird, was man den Werth eines Schraubenganges nennt. Diesen findet man leicht, wenn man den Faden *PQ* so stellt, dass er genau mit einer Theilung des Kreises zusammenfällt, und auf der Trommel nachsieht, welche Theilung auf den Zeiger trifft. Hierauf dreht man die Schraube so lange, bis der Faden die nächste oder die zweite Theilung bedeckt, und liest die Trommel wieder ab, wobei man zugleich die Anzahl der Umgänge, welche die Trommel gemacht hat, zählen muss. Ist z. B. der Kreis von 5 zu 5 Minuten getheilt, und hat man, um den Faden von einer Theilung auf die nächst folgende zu bringen, die Trommel genau um 5 Gänge gedreht, so ist offenbar der Werth eines Schraubenganges 1 Minute. Musste man aber 5¼ Umgänge machen, so ist dieser Werth

Fig. 62.



$$W = \frac{5'}{5\cdot25} = \frac{300''}{5\cdot25} = 57''1429$$

Ist nun die Trommel in 30 Theile getheilt, so beträgt ein Theil derselben

$$\frac{57''1429}{30} = 1''9048.$$

Man muss vor allem diesen Werth durch wiederholte Versuche so genau als möglich zu ermitteln suchen, und wird zu diesem Zwecke der Faden über mehre Theilungen des Kreises, so weit die Schraube reicht, führen. Meistens befindet sich in dem Gesichtsfelde

der Mikroskope auch eine Scale, welche die Anzahl der Umdrehungen angibt, die der Faden durchlaufen hat, die man daher nicht erst zu zählen braucht. In Ihrer Mitte ist ein kleines Loch oder ein anderes Zeichen, das dem Normalstande des Fadens entspricht. Der getheilte Kreis ist gleichfalls mit einem Zeiger versehen, an dem man die einzelnen Theilungen ablesen, und Bruchtheile abschätzen kann. An dem Ende der Mikroskope, das dem Kreise zugekehrt ist, befinden sich leicht drehbare Reflectoren, welche gegen einen hellen Gegenstand, z. B. den Himmelsraum, gedreht werden müssen, um die Theilung gehörig zu beleuchten. Oft sind statt einem Faden zwei parallele Fäden im Gesichtsfelde der Mikroskope gespannt, in welchem Falle man die Theilung des Kreises in die Mitte zwischen beide Fäden stellt.

Der Werth einer Umdrehung der Schraube ist gewöhnlich sehr nahe einer ganzen Anzahl von Minuten, und einer ihrer Unterabtheilungen einer ganzen Anzahl von Secunden gleich, daher man am besten thun wird, die kleinen Abweichungen davon in Corrections-Tafeln zu bringen, welche die Verbesserungen geben, die man anzubringen hat, wenn zur leichteren Berechnung ein Mikroskop-Theil der ganzen Secundenzahl genau gleichgesetzt wurde. So z. B. gab von zwei Mikroskopen *A* und *B* das eine für zwei Theilungen des Kreises oder für $10' = 600''$ zwei Umdrehungen und 1·51 Theilstriche, das andere 2 Umdrehungen und 1·54 Theilstriche. Da die Trommel in 60 Theile getheilt ist, so hat man

für *A*	121·51	Theilstr.	= 600″
„ *B*	121·54	„	= 600″
im Mittel . .	121·52	„	= 600″
woraus folgt .	1	„	= 4·9374

Man hat daher, wenn man 1 Theil = 5″00 setzt, folgende Verbesserungen anzubringen:

für 1	Th.	— 0″06	für 9	Th.	— 0″56
„ 2	„	— 0·13	„ 10	„	— 0·63
„ 3	„	— 0·19	„ 20	„	— 1·25
„ 4	„	— 0·25	„ 30	„	— 1·88
„ 5	„	— 0·31	„ 40	„	— 2·50
„ 6	„	— 0·38	„ 50	„	— 3·13
„ 7	„	— 0·44	„ 60	„	— 3·76
„ 8	„	— 0·50			

83. Verfahren bei den Beobachtungen.

Um mit einem solchen Instrumente eine Beobachtung auszuführen, bringe man, wenn die Sonne beobachtet werden soll, den Sonnenrand eben so zur Berührung mit dem im Brennpunkte des Fernrohres gespannten Faden, wie beim Höhenkreise, bemerke die Uhrzeit und lese die Blasenende der auf den Mikroskopträger aufgesetzten Libelle ab. Hierauf sehe man den Zeiger des Kreises an, und bemerke die Theilung, auf welche er zeigt, oder wenn er zwischen zweien steht, die kleinere von beiden. Dann sieht man durch das eine Mikroskop, und bringt den Faden, wenn er nicht schon auf einer Theilung steht, durch Drehen der Trommel auf die nächste Theilung des Kreises, wobei man jedoch so zu drehen hat, dass die Theilungen der Trommel wachsend durch den Zeiger gehen. Auf dieselbe Weise verfahre man mit dem zweiten Mikroskope, bei dem in Hinsicht auf Drehung dieselbe Regel gilt. Man schreibt hierauf die Theilstriche an, welche in beiden Trommeln unter dem Zeiger stehen, und hat hiemit die Beobachtung vollendet.

Um aus derselben die genaue Angabe des Instrumentes herzuleiten, nehme man zuerst das Mittel der Ablesungen beider Mikroskope, verwandle es in Minuten und Secunden, indem man es mit der ganzen Anzahl von Secunden multiplicirt, welche dem Werthe eines Mikroskoptheiles am nächsten kömmt, und die aus der Corrections-Tafel genommene Verbesserung hinzugibt. Die so verwandelte Ablesung addire man zu der des Zeigers des Kreises, und sehe diese Summe als die Ablesung am Kreise an, welche noch durch die Angabe der Libelle auf dieselbe Weise zu verbessern ist, wie dies in (81) gezeigt wurde.

84. Beispiel einer Beobachtung.

Mit dem Instrumente, für welches der Werth eines Mikroskoptheiles in (82) = 4ʺ9374 angegeben wurde, hat man folgende Beobachtungen der Zenithdistanz eines festen Punktes ausgeführt:

Kreis Ost					Kreis West				
Zeiger d. Kreises	Mikroskope		Libelle		Zeiger d. Kreises	Mikroskope		Libelle	
	A	*B*	*a*	*b*		*A*	*B*	*a*	*b*
101° 5′	8·7	12·8	16·0	23·8	259° 40′	41·5	43·6	23·9	15·8
101 5	8·6	12·3	16·1	23·6	259 40	43·4	45·9	22·0	17·8

Die Verbesserung wegen der Libelle ist

$$1''89\left(\frac{a-b}{2}\right) = 0''95\,(a-b)$$

Für die erste Beobachtung hat man

$$\tfrac{1}{2}\,(A+B)\;5'' = (10\cdot75)\;5'' = 53''75$$

und für die Mikroskoptheile 10·75 gibt die Verbesserungstafel in (82)

$$\text{Verbesserung} = -\,0''68$$

Verbesserung wegen der Libelle $= 0''95\,(a-b) = -\,7''41$

$$\text{Ablesung des Kreises} = 101^\circ\,5'$$

Es ist demnach die corrigirte Ablesung für die

1. Beob. . . .	101° 5′ +	53″75—0″68—7″41 =	101° 5′ 45″66
2. Beob. . . .	101 5 +	52·25—0·66—7·12 =	101 5 44·47
3. Beob. . . .	259 40 +3′	32·75—2·66+7·69 =	259 43 37·78
4. Beob. . . .	259 40 +3	43·25—2·79+3·99 =	259 43 44·45

Man findet daher im Mittel

für Kreis Ost . . . 101° 5′ 45″07
„ Kreis West . . 259 43 41·12

woraus folgt

Zenithpunkt = 180° 24′ 43″10
Zenithdistanz = 79 18 58·02

85. Reisetisch.

Eine wesentliche Bedingung, gute Beobachtungen zu Stande zu bringen, ist die feste Aufstellung der Instrumente. An bleibenden Observatorien wird sie durch eingemauerte Holz- oder Steinplatten, so wie durch hinlänglich starke Holz- oder Steinpfeiler leicht erfüllt, auf Reisen aber ist es so schwer, ihr gerecht zu werden, da für magnetische Beobachtungen, welche fast durchweg im Freien anzustellen sind, nicht leicht ein so festes, eisenfreies und im übrigen geeignetes Tischchen zu finden ist, das hiezu verwendet werden könnte. Man ist meistens genöthigt, ein solches selbst mitzuführen, daher es auch noch die Eigenschaft haben muss, leicht verpackt werden zu können, und beim Transporte keinen grossen Raum in Anspruch zu nehmen. Das in Fig. 63 und 64 in der Ansicht von oben und von der Seite dargestellte wird diesen Erfordernissen entsprechen, und ist durch vielfache Erfahrung erprobt worden.

Fig. 63.

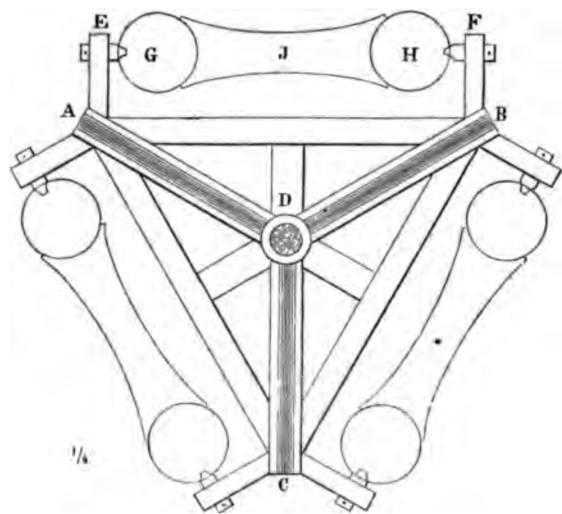
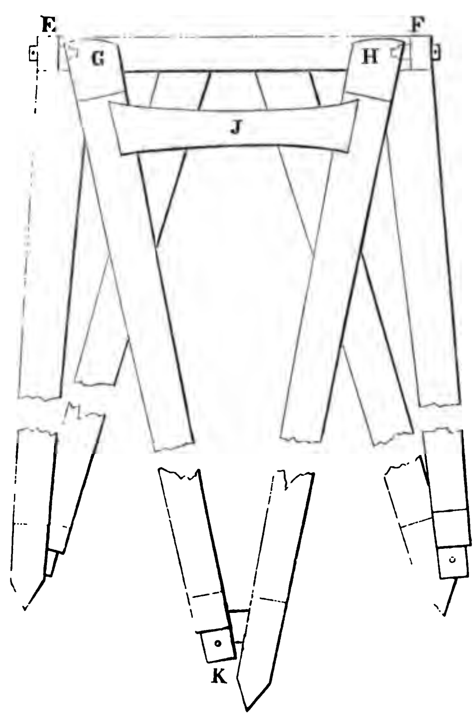


Fig. 64.



ABC ist ein Dreieck von starken Messingspangen, deren Längenverhältnisse sich nach der Grösse der Instrumente richten werden, die darauf gestellt werden sollen. (Das abgezeichnete hat gegen die Zeichnung das Längenverhältniss 4 : 1.) Die Hauptspangen *AD, BD, CD* sind rinnenförmig vertieft, damit die Fussschrauben des daraufgestellten Instrumentes nicht abgleiten. Sie laufen im Mittelpunkte in den starken Ring *D* zusammen, durch welchen man ein Senkel oder Steinchen fallen lassen kann, um, wenn vielleicht die Beobachtungen längere Zeit dauern sollten, auf dem Boden genau den Punkt zu bezeichnen, über welchem am ersten Tage der Mittelpunkt der Instrumente stand. Die Spangen enden in rechtwinklig gebogene Arme *AE, BF*, durch welche starke Schrauben gehen, deren konisch geformte Zapfen in Vertiefungen eingreifen, die in den Messingbeschlägen der Füsse *GH* angebracht sind, und an welche diese durch das Querholz *J* angepresst werden.

Zum Transporte werden die Querhölzer herausgenommen und die beiden einen Fuss bildenden Stäbe *GK, KH* (Fig. 64), welche in *K* durch eine um einen Zapfen drehbare Messingspange verbunden sind, parallel zusammengelegt, wodurch alle drei Füsse ein Bündel bilden, das sammt den Querhölzern in ein Kistchen oder in eine Lederrolle gepackt wird. Das Dreieck *ABC* kann leicht in einem Instrumentenkistchen oder an den Wänden einer Überkiste untergebracht werden.

TAFELN

zur

Berechnung der astronomischen Beobachtungen.

Tafel I und II (für die Mittags- und Mitternachtsverbesserung) und
„ VIII (zur Reduction auf den Meridian) sind der „Sammlung von Hülfstafeln v. H. C. Schumacher, neu herausgegeben v. G. Warnstorff, Altona 1845, 8°," Seite 53—70 u. Seite 99—107, entlehnt.

Tafel III—VII (für die Refraction) sind den „Vorlesungen über Astronomie v. J. J. Littrow, 2. Theil" Seite 335—340 mit geänderter Einrichtung entnommen.

I. Tafel für die Mittagsverbesserung.

Argument: Halbe Zwischenzeit.

½ T	Log. A	Log. B	½ T	Log. A	Log. B	½ T	Log. A	Log. B
0h 1'	7,7247	7,7247	0h 46'	7,7276	7,7188	1h 31'	7,7362	7,7010
2	7,7247	7,7247	47	7,7277	7,7186	32	7,7364	7,7005
3	7,7247	7,7247	48	7,7279	7,7183	33	7,7367	7,6999
4	7,7247	7,7247	49	7,7280	7,7180	34	7,7369	7,6993
5	7,7247	7,7246	50	7,7281	7,7177	35	7,7372	7,6988
6	7,7247	7,7246	51	7,7283	7,7174	36	7,7374	7,6982
7	7,7248	7,7246	52	7,7284	7,7172	37	7,7377	7,6976
8	7,7248	7,7245	53	7,7286	7,7169	38	7,7380	7,6970
9	7,7248	7,7245	54	7,7287	7,7166	39	7,7383	7,6964
10	7,7248	7,7244	55	7,7289	7,7162	40	7,7386	7,6958
11	7,7249	7,7244	56	7,7290	7,7159	41	7,7388	7,6952
12	7,7249	7,7243	57	7,7292	7,7156	42	7,7391	7,6946
13	7,7249	7,7242	58	7,7293	7,7153	43	7,7394	7,6940
14	7,7250	7,7242	59	7,7295	7,7150	44	7,7397	7,6934
15	7,7250	7,7241	1 0	7,7297	7,7146	45	7,7400	7,6927
16	7,7251	7,7240	1	7,7298	7,7143	46	7,7403	7,6921
17	7,7251	7,7239	2	7,7300	7,7139	47	7,7406	7,6914
18	7,7252	7,7238	3	7,7302	7,7136	48	7,7409	7,6908
19	7,7252	7,7237	4	7,7304	7,7132	49	7,7412	7,6901
20	7,7253	7,7236	5	7,7305	7,7128	50	7,7415	7,6894
21	7,7253	7,7235	6	7,7307	7,7125	51	7,7418	7,6888
22	7,7254	7,7234	7	7,7309	7,7121	52	7,7421	7,6881
23	7,7254	7,7232	8	7,7311	7,7117	53	7,7424	7,6874
24	7,7255	7,7231	9	7,7313	7,7113	54	7,7428	7,6867
25	7,7256	7,7230	10	7,7315	7,7109	55	7,7431	7,6859
26	7,7256	7,7228	11	7,7317	7,7105	56	7,7434	7,6852
27	7,7257	7,7227	12	7,7319	7,7101	57	7,7437	7,6845
28	7,7258	7,7225	13	7,7321	7,7097	58	7,7441	7,6838
29	7,7259	7,7224	14	7,7323	7,7092	59	7,7444	7,6830
30	7,7259	7,7222	15	7,7325	7,7088	2 0	7,7447	7,6823
31	7,7260	7,7220	16	7,7327	7,7083	1	7,7451	7,6815
32	7,7261	7,7219	17	7,7329	7,7079	2	7,7454	7,6807
33	7,7262	7,7217	18	7,7331	7,7075	3	7,7458	7,6800
34	7,7263	7,7215	19	7,7333	7,7070	4	7,7461	7,6792
35	7,7264	7,7213	20	7,7336	7,7065	5	7,7464	7,6784
36	7,7265	7,7211	21	7,7338	7,7061	6	7,7468	7,6776
37	7,7266	7,7209	22	7,7340	7,7056	7	7,7472	7,6768
38	7,7267	7,7207	23	7,7342	7,7051	8	7,7475	7,6759
39	7,7268	7,7205	24	7,7345	7,7046	9	7,7479	7,6751
40	7 7269	7,7203	25	7,7347	7,7041	10	7,7482	7,6743
41	7,7270	7,7200	26	7,7349	7,7036	11	7,7486	7,6734
42	7,7271	7,7198	27	7,7352	7,7031	12	7,7490	7,6726
43	7,7272	7,7196	28	7,7354	7,7026	13	7,7494	7,6717
44	7,7274	7,7193	29	7,7357	7,7021	14	7,7497	7,6708
0h 45'	7,7275	7,7191	1h 30'	7,7359	7,7015	2h 15'	7,7501	7,6700

I. Tafel für die

Argument:

½ T	Log. A	Log. B	½ T	Log. A	Log. B	½ T	Log. A	Log. B
2ʰ 16′	7,7505	7,6691	3ʰ 1′	7,7708	7,6184	3ʰ 46′	7,7975	7,5394
17	7,7509	7,6682	2	7,7713	7,6170	47	7,7982	7,5372
18	7,7513	7,6673	3	7,7719	7,6156	48	7,7989	7,5350
19	7,7517	7,6663	4	7,7724	7,6142	49	7,7995	7,5327
20	7,7521	7,6654	5	7,7729	7,6127	50	7,8002	7,5304
21	7,7525	7,6645	6	7,7735	7,6113	51	7,8009	7,5281
22	7,7529	7,6635	7	7,7740	7,6098	52	7,8016	7,5258
23	7,7533	7,6626	8	7,7745	7,6083	53	7,8023	7,5234
24	7,7537	7,6616	9	7,7751	7,6068	54	7,8030	7,5211
25	7,7541	7,6606	10	7,7756	7,6053	55	7,8037	7,5186
26	7,7545	7,6597	11	7,7762	7,6038	56	7,8044	7,5162
27	7,7549	7,6587	12	7,7767	7,6023	57	7,8051	7,5137
28	7,7553	7,6577	13	7,7773	7,6007	58	7,8058	7,5112
29	7,7557	7,6567	14	7,7779	7,5991	59	7,8065	7,5087
30	7,7562	7,6556	15	7,7784	7,5975	4 0	7,8072	7,5062
31	7,7566	7 6546	16	7,7790	7,5959	1	7 8079	7 5036
32	7,7570	7,6536	17	7,7796	7,5943	2	7,8086	7,5010
33	7,7575	7,6525	18	7,7801	7,5927	3	7,8094	7,4983
34	7,7579	7,6514	19	7,7807	7 5910	4	7,8101	7,4957
35	7,7583	7,6504	20	7,7813	7,5894	5	7,8108	7,4930
36	7,7588	7,6493	21	7,7819	7,5877	6	7,8116	7,4902
37	7,7592	7,6482	22	7,7825	7,5860	7	7,8123	7,4874
38	7,7597	7,6471	23	7,7831	7,5843	8	7,8130	7,4846
39	7,7601	7,6460	24	7,7836	7,5825	9	7,8138	7,4818
40	7,7606	7,6448	25	7,7842	7,5808	10	7,8145	7,4789
41	7,7610	7,6437	26	7,7848	7,5790	11	7,8153	7,4760
42	7,7615	7,6425	27	7,7854	7,5772	12	7,8160	7,4731
43	7,7620	7,6414	28	7,7860	7,5754	13	7,8168	7,4701
44	7,7624	7,6402	29	7,7867	7,5736	14	7,8176	7,4671
45	7,7629	7,6390	30	7,7873	7,5717	15	7,8183	7,4640
46	7,7634	7,6378	31	7,7879	7,5699	16	7,8191	7,4609
47	7,7638	7 6366	32	7 7885	7,5680	17	7,8199	7,4578
48	7,7643	7,6354	33	7,7891	7,5661	18	7,8206	7,4546
49	7,7648	7,6342	34	7,7898	7,5641	19	7,8214	7,4514
50	7,7653	7,6329	35	7,7904	7 5622	20	7,8222	7,4482
51	7,7658	7,6317	36	7,7910	7,5602	21	7,8230	7,4449
52	7,7663	7,6304	37	7,7916	7,5582	22	7,8238	7,4415
53	7,7668	7,6291	38	7,7923	7,5562	23	7,8246	7,4381
54	7,7673	7,6278	39	7,7929	7,5542	24	7,8254	7,4347
55	7,7678	7,6265	40	7,7936	7,5522	25	7,8262	7,4312
56	7,7683	7,6252	41	7,7942	7,5501	26	7,8270	7,4277
57	7,7688	7,6239	42	7,7949	7,5480	27	7,8278	7,4241
58	7,7693	7,6225	43	7,7955	7,5459	28	7,8286	7,4205
59	7,7698	7,6212	44	7,7962	7,5437	29	7,8294	7,4168
3ʰ 0′	7,7703	7,6198	3ʰ 45′	7,7969	7,5416	4ʰ 30′	7,8302	7,4131

Mittagsverbesserung.

Halbe Zwischenzeit.

½ T	Log. A	Log. B	½ T	Log. A	Log. B	½ T	Log. A	Log. B
4ʰ 31′	7,8311	7,4093	5ʰ 1′	7,8576	7,2635	5ʰ 31′	7,8878	6,9889
32	7,8319	7,4055	2	7,8586	7,2572	32	7,8889	6,9748
33	7,8328	7,4016	3	7,8595	7,2507	33	7,8900	6,9602
34	7,8336	7,3977	4	7,8605	7,2442	34	7,8911	6,9449
35	7,8344	7,3937	5	7,8614	7,2374	35	7,8922	6,9290
36	7,8353	7,3876	6	7,8624	7,2306	36	7,8932	6,9125
37	7,8361	7,3855	7	7,8634	7,2236	37	7,8943	6,8953
38	7,8370	7,3813	8	7,8643	7,2164	38	7,8954	6,8770
39	7,8378	7,3771	9	7,8653	7,2091	39	7,8965	6,8580
40	7,8387	7,3728	10	7,8663	7,2016	40	7,8977	6,8379
41	7,8396	7,3684	11	7,8673	7,1940	41	7,8988	6,8168
42	7,8404	7,3639	12	7,8683	7,1861	42	7,8999	6,7945
43	7,8413	7,3594	13	7,8693	7,1781	43	7,9010	6,7709
44	7,8422	7,3548	14	7,8703	7,1699	44	7,9021	6,7457
45	7,8430	7,3501	15	7,8713	7,1615	45	7,9033	6,7189
46	7,8439	7,3454	16	7,8723	7,1529	46	7,9044	6,6901
47	7,8448	7,3406	17	7,8733	7,1440	47	7,9055	6,6591
48	7,8457	7,3357	18	7,8743	7,1349	48	7,9067	6,6255
49	7,8466	7,3307	19	7,8753	7,1256	49	7,9078	6,5889
50	7,8475	7,3256	20	7,8763	7,1160	50	7,9090	6,5487
51	7,8484	7,3205	21	7,8773	7,1061	51	7,9102	6,5041
52	7,8493	7,3152	22	7,8784	7,0960	52	7,9113	6,4541
53	7,8502	7,3099	23	7,8794	7,0855	53	7 9125	6,3973
54	7,8511	7,3045	24	7,8804	7,0748	54	7,9137	6,3316
55	7,8520	7,2989	25	7,8815	7,0637	55	7,9148	6,2536
56	7,8530	7,2933	26	7,8825	7,0522	56	7,9160	6,1579
57	7,8539	7,2876	27	7,8836	7,0404	57	7,9172	6,0341
58	7,8548	7,2817	28	7,8846	7,0282	58	7,9184	5,8593
59	7,8558	7,2758	29	7,8857	7,0156	59	7,9196	5,5594
5ʰ 0′	7,8567	7,2697	5ʰ 30′	7,8868	7,0025	6ʰ 0′	7,9208	$B = 0$

II. Tafel für die Mitter-

Argument:

½ T	Log. f	Diff.	½ T	Log. f	Diff.	½ T	Log. f	Diff.
6^h 1′	0,0024	24	6^h 41′	0,0994	24	7^h 21′	0,1988	26
2	0048	24	42	1018	25	22	2014	25
3	0072	25	43	1043	24	23	2039	26
4	0097	24	44	1067	25	24	2065	25
5	0121	24	45	1092	24	25	2090	26
6	0,0145	24	46	0,1116	25	26	0,2116	26
7	0169	24	47	1141	24	27	2142	25
8	0193	24	48	1165	25	28	2167	26
9	0217	24	49	1190	24	29	2193	26
10	0241	24	50	1214	25	30	2219	26
11	0,0265	25	51	0,1239	25	31	0,2245	26
12	0290	24	52	1264	24	32	2271	25
13	0314	24	53	1288	25	33	2296	26
14	0338	24	54	1313	25	34	2322	26
15	0362	24	55	1338	25	35	2348	26
16	0,0386	24	56	0,1363	25	36	0,2374	26
17	0410	25	57	1388	24	37	2400	26
18	0435	24	58	1412	24	38	2426	26
19	0459	24	59	1436	25	39	2452	26
20	0583	24	7^h 0	1461	25	40	2478	26
21	0,0507	24	1′	0,1486	25	41	0,2504	26
22	0531	25	2	1511	25	42	2530	27
23	0556	24	3	1536	25	43	2557	26
24	0580	24	4	1561	25	44	2583	26
25	0604	24	5	1586	25	45	2609	27
26	0,0628	25	6	0,1611	25	46	0,2636	26
27	0653	24	7	1636	25	47	2662	27
28	0677	25	8	1661	25	48	2689	26
29	0702	24	9	1686	25	49	2715	27
30	0726	24	10	1711	25	50	2742	27
31	0,0750	25	11	0,1736	25	51	0,2769	26
32	0775	24	12	1761	26	52	2795	27
33	0799	24	13	1787	25	53	2822	26
34	0823	24	14	1812	25	54	2848	27
35	0847	25	15	1837	25	55	2875	27
36	0,0872	24	16	0,1862	25	56	0,2902	27
37	0896	24	17	1887	26	57	2929	27
38	0920	25	18	1913	25	58	2956	27
39	0945	24	19	1938	25	59	2983	27
6^h 40′	0969	25	7^h 20′	1963	25	8^h 0′	3010	28

nachtsverbesserung.

Halbe Zwischenzeit.

½ T	Log. f	Diff.	½ T	Log. f	Diff.	½ T	Log. f	Diff.
8^{h} 1′	0,3038	27	8^{h} 41′	0,4180	30	9^{h} 21′	0,5476	35
2	3065	27	42	4210	31	22	5511	36
3	3092	27	43	4241	30	23	5547	35
4	3119	28	44	4271	30	24	5582	35
5	3147	27	45	4301	31	25	5617	36
6	0,3174	28	46	0,4332	31	26	0,5653	36
7	3202	28	47	4363	31	27	5689	37
8	3230	27	48	4394	31	28	5726	36
9	3257	28	49	4425	30	29	5762	36
10	3285	28	50	4455	32	30	5798	37
11	0,3313	28	51	0,4487	31	31	0,5835	37
12	3341	27	52	4518	31	32	5872	37
13	3368	28	53	4549	32	33	5909	37
14	3396	28	54	4581	31	34	5946	37
15	3424	29	55	4612	32	35	5983	38
16	0,3453	28	56	0,4644	32	36	0,6021	38
17	3481	28	57	4676	31	37	6059	38
18	3509	28	58	4707	32	38	6097	38
19	3537	29	59	4739	32	39	6135	38
20	3566	28	9^{h} 0	4771	32	40	6173	39
21	0,3594	29	1′	0,4804	32	41	0,6212	39
22	3623	28	2	4836	33	42	6251	39
23	3651	29	3	4869	32	43	6290	39
24	3680	29	4	4901	33	44	6329	39
25	3709	29	5	4934	33	45	6368	40
26	0,3738	29	6	0,4967	33	46	0,6408	40
27	3767	29	7	5000	33	47	6448	41
28	3796	29	8	5033	33	48	6489	40
29	3825	29	9	5066	33	49	6529	40
30	3854	29	10	5099	34	50	6569	41
31	0,3883	29	11	0,5133	34	51	0,6610	42
32	3912	30	12	5167	33	52	6652	41
33	3942	29	13	5200	34	53	6693	42
34	3971	30	14	5234	34	54	6735	41
35	4001	29	15	5268	35	55	6776	42
36	0,4030	30	16	0,5303	34	56	0,6818	43
37	4060	30	17	5337	35	57	6861	42
38	4090	30	18	5372	34	58	6903	43
39	4120	30	19	5406	35	59	6946	44
8^{h} 40′	4150	30	9^{h} 20′	5441	35	10^{h} 0′	6990	43

II. Tafel für die Mitternachtsverbesserung.

Argument: Halbe Zwischenzeit.

½ T	Log. f	Diff.	½ T	Log. f	Diff.	½ T	Log. f	Diff.
10ʰ 1′	0,7033	44	10ʰ 26′	0,8234	54	10ʰ 51′	0,9747	70
2	7077	44	27	8288	54	52	9817	71
3	7121	45	28	8342	54	53	9888	72
4	7166	45	29	8396	55	54	0,9960	73
5	7211	45	30	8451	55	55	1,0033	74
6	0,7256	45	31	0,8506	56	56	1,0107	75
7	7301	46	32	8562	57	57	0182	76
8	7347	46	33	8619	57	58	0258	78
9	7393	46	34	8676	58	59	0336	78
10	7439	47	35	8734	58	11ʰ 0	0414	80
11	0,7486	47	36	0,8792	59	1	1,0494	80
12	7533	48	37	8851	59	2	0574	82
13	7581	48	38	8910	60	3	0656	84
14	7629	48	39	8970	61	4	0740	85
15	7677	49	40	9031	61	5	0825	86
16	0,7726	49	41	0,9092	63	6	1,0911	88
17	7775	49	42	9155	62	7	0999	89
18	7824	50	43	9217	64	8	1088	91
19	7874	50	44	9281	64	9	1179	92
20	7924	51	45	9345	65	10	1271	94
21	0,7975	51	46	0,9410	66	11	1,1365	96
22	8026	51	47	9476	67	12	1461	98
23	8077	52	48	9543	67	13	1559	100
24	8129	53	49	9610	68	14	1659	102
10ʰ 25′	8182	52	10ʰ 50′	9678	69	11ʰ 15′	1761	

Tafel III. Mittlere Refraction für Barometer, 28·0 Par. Zolle und 0° Thermomet. Réaum.

Argument: Zenithdistanz.

z	log. *r*	Diff. für 1 Min. 0·000	*z*	log. *r*	Diff. für 1 Min. 0·000	*z*	log. *r*	Diff. für 1 Min. 0·000
0° 0	......		15° 0′	1·2064	50	30° 0′	1·5387	29
20	9·5432		20	1·2165	49	20	1·5455	29
40	9·8443		40	1·2262	48	40	1·5513	29
1 0	0·0204		16 0	1·2359	47	31 0	1·5570	29
20	0·1453		20	1·2453	46	20	1·5628	28
40	0·2422		40	1·2546	45	40	1·5684	28
2 0	0·3213		17 0	1·2637	44	32 0	1 5741	28
20	0·3882		20	1·2727	44	20	1·5797	27
40	0·4465		40	1·2815	43	40	1·5852	27
3 0	0·4976		18 0	1·2902	42	33 0	1·5907	27
20	0·5432		20	1·2987	42	20	1·5962	27
40	0·5845		40	1·3071	41	40	1·6018	27
4 0	0·6231		19 0	1·3153	40	34 0	1·6072	27
20	0·6578		20	1·3234	40	20	1·6126	27
40	0·6902		40	1·3315	39	40	1·6180	27
5 0	0·7205		20 0	1·3394	39	35 0	1·6234	27
20	0·7487		20	1·3472	38	20	1·6288	26
40	0·7750		40	1·3549	38	40	1·6341	26
6 0	0·8001		21 0	1·3625	37	36 0	1·6394	26
20	0·8238		20	1·3700	37	20	1·6447	26
40	0·8460		40	1·3774	36	40	1·6500	26
7 0	0·8676		22 0	1·3852	35	37 0	1·6553	26
20	0·8880		20	1·3920	35	20	1·6605	26
40	0·9074		40	1·3991	35	40	1·6657	26
8 0	0·9262	89	23 0	1·4062	34	38 0	1·6710	26
20	0·9442	86	20	1·4132	34	20	1·6761	26
40	0·9615	83	40	1·4201	34	40	1·6813	26
9 0	0·9781	80	24 0	1·4269	34	39 0	1·6865	26
20	0·9942	77	20	1·4337	34	20	1·6917	26
40	1·0097	75	40	1·4404	32	40	1·6968	26
10 0	1·0247	72	25 0	1·4470	32	40 0	1·7020	25
20	1·0393	70	20	1·4536	32	20	1·7071	25
40	1·0534	68	40	1·4601	32	40	1·7122	25
11 0	1·0671	66	26 0	1·4665	32	41 0	1·7173	25
20	1·0804	64	20	1·4729	31	20	1·7224	25
40	1·0933	63	40	1·4792	31	40	1·7274	25
12 0	1·1059	61	27 0	1·4855	31	42 0	1·7325	25
20	1·1182	59	20	1·4917	31	20	1·7376	25
40	1·1301	58	40	1·4979	30	40	1·7427	25
13 0	1·1418	56	28 0	1·5040	30	43 0	1·7477	25
20	1·1532	55	20	1·5101	30	20	1·7527	25
40	1·1643	54	40	1·5161	30	40	1·7578	25
14 0	1·1752	53	29 0	1·5220	30	44 0	1·7628	25
20	1·1858	52	20	1·5280	29	20	1·7679	25
40	1·1963	51	40	1·5339	29	40	1·7729	25

Taf. III. Mittlere Refraction für Barometer,

Argument:

z	log. r	Diff. für 1 Min. 0·000	n	z	log. r	Diff. für 1 Min. 0·000	n
45° 0′	1·7780	25	1·001	53° 0′	1·9005	26	1·007
20	1·7830	25	1·001	10	1·9032	27	1·007
40	1·7881	25	1·001	20	1·9058	27	1·007
46 0	1·7931	25	1·001	30	1·9084	27	1·007
10	1·7956	25	1·001	40	1·9111	26	1·007
20	1·7982	25	1·001	50	1·9137	26	1·007
30	1·8007	26	1·001	54 0	1·9163	27	1·008
40	1·8032	25	1·001	10	1·9190	26	1·008
50	1·8057	26	1·001	20	1·9216	27	1·008
47 0	1·8083	25	1·002	30	1·9243	27	1·008
10	1·8108	25	1·002	40	1·9270	26	1·008
20	1·8133	25	1·002	50	1·9296	27	1·008
30	1·8158	26	1·002	55 0	1·9323	27	1·008
40	1·8184	26	1·002	10	1·9350	27	1·008
50	1·8209	25	1·002	20	1·9377	27	1·008
48 0	1·8235	25	1·002	30	1·9404	27	1·008
10	1·8260	25	1·002	40	1·9431	27	1·008
20	1·8285	26	1·002	50	1·9458	27	1·008
30	1·8311	25	1·002	56 0	1·9485	27	1·008
40	1·8336	25	1·003	10	1·9512	27	1·008
50	1·8361	26	1·003	20	1·9539	28	1·008
49 0	1·8387	25	1·003	30	1·9567	27	1·008
10	1·8412	26	1·003	40	1·9594	27	1·008
20	1·8438	25	1·003	50	1·9621	28	1·008
30	1·8463	26	1·003	57 0	1·9649	27	1·009
40	1·8489	25	1·003	10	1·9676	28	1·009
50	1·8514	26	1·003	20	1·9704	28	1·009
50 0	1·8540	26	1·004	30	1·9732	28	1·009
10	1·8566	25	1·004	40	1·9760	27	1·009
20	1·8591	26	1·004	50	1·9787	28	1·009
30	1·8617	26	1·004	58 0	1·9815	28	1·009
40	1·8643	25	1·004	10	1·9843	29	1·009
50	1·8668	26	1·004	20	1·9871	29	1·009
51 0	1·8694	26	1·005	30	1·9900	28	1·009
10	1·8720	26	1·005	40	1·9928	28	1·009
20	1·8746	25	1·005	50	1·9956	28	1·009
30	1·8771	26	1·005	59 0	1·9958	28	1·009
40	1·8797	26	1·005	10	2·0013	29	1·009
50	1·8823	26	1·005	20	2·0042	28	1·009
52 0	1·8849	26	1·006	30	2·0070	29	1·009
10	1·8875	26	1·006	40	2·0090	29	1·009
20	1·8901	26	1·006	50	2·0128	29	1·009
30	1·8927	26	1·006	60 0	2·0157	29	1·009
40	1·8953	26	1·006	10	2·0186	29	1·009
50	1·8979	26	1·006	20	2·0215	29	1·009

28·0 Par. Zolle, und 0° Thermomet. Réaum.

Zenithdistanz.

z	log. *r*	Diff. für 1 Min. 0·000	*n*	*z*	log. *r*	Diff. für 1 Min. 0·000	*n*
60°30′	2·0244	30	1·009	68° 0′	2·1694	36	1·011
40	2·0274	29	1·009	10	2·1730	36	1·011
50	2·0303	30	1·009	20	2·1766	37	1·011
61 0	2·0333	29	1·009	30	2·1803	36	1·011
10	2·0362	30	1·009	40	2·1839	37	1·011
20	2·0392	30	1·009	50	2·1876	37	1·011
30	2·0422	30	1·009	69 0	2·1913	38	1·011
40	2·0452	30	1·009	10	2·1952	37	1·011
50	2·0482	30	1·009	20	2·1988	38	1·011
62 0	2·0512	31	1·009	30	2·2026	38	1·011
10	2·0543	30	1·009	40	2·2064	39	1·011
20	2·0573	31	1·009	50	2·2103	38	1·011
30	2·0604	30	1·009	70 0	2·2141	39	1·011
40	2·0634	31	1·009	10	2·2180	39	1·011
50	2·0665	30	1·009	20	2·2219	40	1·011
63 0	2·0696	31	1·009	30	2·2259	39	1·012
10	2·0727	31	1·009	40	2·2298	40	1·012
20	2·0758	32	1·009	50	2·2338	41	1·012
30	2·0790	31	1·009	71 0	2·2379	40	1·012
40	2·0821	32	1·009	10	2·2416	41	1·012
50	2·0853	31	1·009	20	2·2460	41	1·012
64 0	2·0884	32	1·009	30	2·2501	42	1·012
10	2·0916	32	1·009	40	2·2543	41	1·012
20	2·0948	32	1·009	50	2·2584	42	1·012
30	2·0980	33	1·009	72 0	2·2626	42	1·013
40	2·1013	32	1·009	10	2·2668	43	1·013
50	2·1045	33	1·009	20	2·2714	43	1·013
65 0	2·1078	33	1·010	30	2·2754	44	1·013
10	2·1111	32	1·010	40	2·2798	43	1·013
20	2·1143	33	1·010	50	2·2841	44	1·013
30	2·1176	34	1·010	73 0	2·2885	44	1·014
40	2·1210	33	1·010	10	2·2929	45	1·014
50	2·1243	34	1·010	20	2·2974	46	1·014
66 0	2·1277	34	1·010	30	2·3020	45	1·014
10	2·1311	33	1·010	40	2·3065	46	1·014
20	2·1344	34	1·010	50	2·3111	47	1·015
30	2·1378	35	1·010	74 0	2·3158	46	1·015
40	2·1413	34	1·010	10	2·3204	47	1·015
50	2·1447	35	1·010	20	2·3251	48	1·015
67 0	2·1482	35	1·010	30	2·3299	48	1·016
10	2·1517	35	1·010	40	2·3347	49	1·016
20	2·1552	35	1·010	50	2·3396	49	1·016
30	2·1587	35	1·010	75 0	2·3445	49	1·017
40	2·1622	36	1·010	10	2·3494	50	1·017
50	2·1658	36	1·010	20	2·3544	50	1·017

Taf. III. Mittl. Refraction für Baromet., 28·0 Par. Zolle, und 0° Therm. R.

Argument: Zenithdistanz.

z	log. r	Diff. für 1 Min. 0·000	n	z	log. r	Diff. für 1 Min. 0·000	n
75°30′	2·3594	51	1·018	83° 0′	2·6631	0·00093	1·057
40	2·3645	52	1·018	10	2·6724	096	1·059
50	2·3697	52	1·018	20	2·6820	097	1·062
76 0	2·3749	52	1·019	30	2·6917	099	1·064
10	2·3801	53	1·019	40	2·7011	101	1·067
20	2·3854	53	1·019	50	2·7117	103	1·069
30	2·3907	55	1·020	84 0	2·7221	105	1·072
40	2·3962	54	1·020	10	2·7326	107	1·076
50	2·4016	56	1·021	20	2·7433	110	1·090
77 0	2·4072	56	1·021	30	2·7543	112	1·084
10	2·4128	56	1·021	40	2·7655	114	1·088
20	2·4184	57	1·022	50	2·7769	117	1·092
30	2·4241	58	1·022	85 0	2·7888	120	1·095
40	2·4299	59	1·023	10	2·8009	124	1·101
50	2·4358	59	1·023	20	2·8132	126	1·106
78 0	2·4417	60	1·024	30	2·8259	130	1·112
10	2·4477	60	1·024	40	2·8388	133	1·118
20	2·4537	62	1·025	50	2·8521	136	1·124
30	2·4599	62	1·026	86 0	2·8658	140	1·130
40	2·4661	63	1·026	10	2·8798	144	1·138
50	2·4724	64	1·027	20	2·8942	148	1·144
79 0	2·4788	64	1·027	30	2·9089	153	1·158
10	2·4852	65	1·027	40	2·9241	157	1·161
20	2·4917	67	1·028	50	2·9398	161	1·171
30	2·4984	67	1·028	87 0	2·9559	166	1·181
40	2·5051	68	1·029	10	2·9725	171	1·192
50	2·5119	69	1·030	20	2·9896	177	1·203
80 0	2·5188	70	1·031	30	3·0073	182	1·215
10	2·5258	70	1·032	40	3·0255	188	1·228
20	2·5328	73	1·033	50	3·0444	195	1·243
30	2·5401	73	1·034	88 0	3·0639	202	1·259
40	2·5474	75	1·035	10	3·0840	209	1·276
50	2·5549	75	1·036	20	3·1049	217	1·292
81 0	2·5624	77	1·037	30	3·1266	.225	1·309
10	2·5701	78	1·038	40	3·1491	234	1·328
20	2·5779	79	1·039	50	3·1725	243	1·348
30	2·5858	80	1·041	89 0	3·1968	253	1·368
40	2·5938	81	1·042	10	3·2222	264	1·389
50	2·6019	83	1·043	20	3·2486	276	1·410
82 0	2·6102	84	1·045	30	3·2762	288	1·432
10	2·6186	86	1·047	40	3·3051	302	1·454
20	2·6272	87	1·049	50	3·3553	317	1·477
30	2·6359	90	1·051	90 0	3·3670	......	1·500
40	2·6449	90	1·053				
50	2·6539	92	1·055				

Tafel IV.
(Argument: Luftdruck im Pariser Maass.)

	25″ (300‴)	26″ (312‴)	27″ (324‴)	28″ (336‴)
0‴	— 0·0492	— 0·0322	— 0·0156	0·0000
1	— 0·0477	— 0·0398	— 0·0143	+ 0·0013
2	— 0·0462	— 0·0294	— 0·0130	+ 0·0026
3	— 0·0448	— 0·0280	— 0·0117	+ 0·0039
4	— 0·0434	— 0·0266	— 0·0104	+ 0·0052
5	— 0·0420	— 0·0252	— 0·0091	+ 0·0065
6	— 0·0406	— 0·0238	— 0·0078	+ 0·0078
7	— 0·0392	— 0·0224	— 0·0065	+ 0·0091
8	— 0·0378	— 0·0210	— 0·0052	+ 0·0104
9	— 0·0364	— 0·0196	— 0·0039	+ 0·0116
10	— 0·0350	— 0·0182	— 0·0026	+ 0·0128
11	— 0·0336	— 0·0169	— 0·0013	+ 0·0140
12	— 0·0322	— 0·0156	0·0000	+ 0·0152

Tafel V.
(Argument: Temperat. d. Quecksilbers.)

Réaum.-Temp.	Corr.	Temp.	Corr.
— 25°	+0·0024	0°	0·0000
— 20	+0·0020	+ 5	—0·0005
— 15	+0·0015	+ 10	—0·0010
— 10	+0·0010	+ 15	—0·0015
— 5	+0·0005	+ 20	—0·0020
0	0·0000	+ 25	—0·0024
		+ 30	—0·0029

Tafel VII. Höhenparallaxe d. Sonne.
(Argument: Zenithdistanz.)

Zenith-Distanz	Parall.	Zenith-Distanz	Parall.
25°	3″6	60°	7″5
30	4·3	65	7·8
35	4·9	70	8·1
40	5·5	75	8·3
45	6·1	80	8·5
50	6·6	85	8·6
55	7·0	90	8·6
60	7·5		

Tafel VI.
(Argument: Temperatur der äusseren Luft.)

Temp. Réaum.	Correct.	Temp.	Correct.	Temp.	Correct.	Temp.	Correct.
—29°	+0·0615	—15°	+0·0307	0°	0·0000	+15°	—0·0287
—28	+0·0593	—14	+0·0286	+ 1	—0·0020	+16	—0·0305
—27	+0·0570	—13	+0·0265	+ 2	—0·0039	+17	—0·0324
—26	+0·0547	—12	+0·0244	+ 3	—0·0059	+18	—0·0342
—25	+0·0525	—11	+0·0223	+ 4	—0·0078	+19	—0·0360
—24	+0·0503	—10	+0·0202	+ 5	—0·0098	+20	—0·0379
—23	+0·0481	— 9	+0·0182	+ 6	—0·0117	+21	—0·0397
—22	+0·0459	— 8	+0·0161	+ 7	—0·0136	+22	—0·0415
—21	+0·0437	— 7	+0 0141	+ 8	—0·0155	+23	—0·0433
—20	+0·0415	— 6	+0·0120	+ 9	—0·0174	+24	—0·0451
—19	+0·0393	— 5	+0·0100	+10	—0·0193	+25	—0·0468
—18	+0·0372	— 4	+0·0080	+11	—0·0212	+26	—0·0486
—17	+0·0350	— 3	+0·0060	+12	—0·0231	+27	—0·0504
—16	+0·0329	— 2	+0·0040	+13	—0·0250	+28	—0·0521
—15	+0·0307	— 1	+0·0020	+14	—0·0268	+29	—0·0539
		0	0·0000	+15	—0·0287		

Log. m.							
″	0′	1′	2′	3′	4′	5′	6′
0	— ∞	0,29303	0,89509	1,24727	1,49714	1,69096	1,84931
1	6,73673	30739	90230	25208	50076	69385	85172
2	7,33879	32151	90945	25687	50435	69673	85412
3	7,69097	33541	91654	26163	50793	69960	85651
4	7,94085	34909	92357	26636	51150	70246	85891
5	8,13467	36256	93055	27107	51505	70531	86129
6	8,29303	37582	93747	27575	51859	70816	86366
7	8,42693	38888	94434	28041	52211	71099	86603
8	8,54291	40175	95115	28504	52562	71382	86840
9	8,64512	41444	95791	28965	52912	71663	87075
10	8,73673	42693	96462	29423	53260	71944	87310
11	8,81952	43924	97127	29879	53608	72223	87545
12	8,89509	45140	97788	30333	53952	72502	87779
13	8,96462	46338	98443	30784	54296	72780	88012
14	9,02899	47519	99094	31233	54639	73057	88244
15	9,08891	48685	99740	31679	54980	73333	88476
16	9,14497	49836	1,00381	32124	55320	73609	88708
17	9,19763	50971	01017	32566	55659	73883	88938
18	9,24628	52092	01649	33006	55996	74157	89168
19	9,29424	53198	02276	33443	56332	74429	89398
20	9,33879	54291	02898	33878	56667	74701	89627
21	9,38117	55370	03517	34312	57000	74972	89855
22	9,42158	56436	04131	34743	57332	75242	90083
23	9,46019	57489	04740	35172	57663	75511	90310
24	9,49715	58529	05345	35598	57993	75780	90536
25	9,53261	59557	05946	36022	58322	76048	90762
26	9,56668	60573	06543	36446	58648	76314	90987
27	9,59946	61577	07136	36866	58974	76580	91212
28	9,63105	62570	07725	37285	59299	76846	91436
29	9,66153	63551	08310	37702	59622	77110	91660
30	9,69097	64522	08891	38116	59945	77373	91883

von m und n.

Log. m.							
″	0′	1′	2′	3′	4′	5′	6′
30	9,69097	0,64522	1,08891	1,38116	1,59945	1,77373	1,91883
31	9,71946	65481	09468	38529	60266	77636	92105
32	9,74703	66431	10042	38940	60586	77898	92327
33	9,77376	67370	10611	39348	60904	78160	92548
34	9.79969	68299	11177	39755	61222	78420	92769
35	9,82487	69218	11739	40160	61538	78680	92990
36	9,84934	70127	12298	40563	61854	78928	93209
37	9,87314	71026	12853	40964	62168	79197	93428
38	9,89630	71918	13404	41364	62481	79454	93646
39	9,91886	72800	13952	41761	62793	79707	93864
40	9,94085	73673	14497	42157	63103	79967	94082
41	9,96230	74537	15038	42551	63413	80221	94299
42	9,98323	75394	15576	42943	63722	80476	94515
43	0,00367	76240	16110	43333	64029	80730	94731
44	0,02364	77080	16641	43722	64335	80982	94946
45	0,04316	77911	17169	44109	64641	81234	95161
46	0,06225	78734	17694	44494	64945	81486	95375
47	0,08093	79550	18216	44877	65248	81736	95589
48	0,09921	80358	18735	45259	65550	81986	95802
49	0.11712	81158	19250	45639	65851	82236	96016
50	0,13467	81952	19762	46018	66151	82484	96226
51	0,15187	82738	20272	46395	66450	82732	96438
52	0,16874	83517	20778	46770	66748	82979	96649
53	0,18528	84290	21282	47143	67045	83225	96860
54	0,20152	85054	21782	47515	67341	83471	97070
55	0,21746	85813	22280	47886	67636	83716	97279
56	0,23311	86513	22775	48255	67930	83960	97488
57	0,24848	87310	23267	48622	68223	84204	97697
58	0,26359	88049	23757	48988	68515	84447	97905
59	0,27844	88782	24243	49352	68806	84690	98112
60	0,29303	89509	24727	49714	69096	84931	98320

Log. m							
″	7′	8′	9′	10′	11′	12′	13′
0	1,98320	2,09917	2,20146	2,29296	2,37574	2,45130	2,52071
1	98526	10098	20307	29441	37705	45250	52192
2	98732	10278	20467	29586	37836	45371	52303
3	98937	10458	20627	29730	37968	45491	52414
4	99142	10637	20787	29874	38098	45611	52525
5	99347	10817	20946	30017	38229	45731	52635
6	99551	10995	21106	30161	38360	45850	52746
7	99755	11174	21264	30304	38490	45970	52856
8	99958	11352	21423	30447	38620	46089	52967
9	2,00161	11530	21581	30590	38750	46209	53077
10	00363	11707	21740	30732	38880	46328	53187
11	00565	11884	21897	30874	39009	46446	53297
12	00766	12061	22055	31016	39138	46565	53406
13	00967	12237	22192	31158	39268	46684	53516
14	01167	12413	22369	31300	39397	46802	53625
15	01367	12590	22522	31441	39525	46920	53735
16	01566	12764	22682	31582	39654	47038	53844
17	01765	12939	22838	31723	39782	47156	53953
18	01964	13114	22994	31864	39910	47274	54062
19	02162	13288	23150	32004	40038	47392	54170
20	02360	13462	23304	32114	40166	47509	54279
21	02557	13635	23460	32284	40294	47626	54387
22	02753	13809	23614	32424	40421	47743	54496
23	02950	13982	23768	32563	40548	47860	54604
24	03146	14154	23922	32703	40675	47977	54712
25	03341	14326	24076	32842	40802	48094	54820
26	03536	14498	24230	32981	40929	48210	54928
27	03730	14670	24383	33120	41056	48327	55035
28	03925	14841	24536	33258	41172	48443	55143
29	04119	15011	24689	33396	41308	48559	55250
30	04311	15182	24842	33534	41434	48675	55358
Log. n.							
0	—	—	—	8,97048	9,13602	9,28712	9,42616
10	—	—	—	8,99918	9,16214	9,31110	9,44828
20	—	—	—	9,02742	9,18786	9,33472	9,47012
30	—	—	—	9,05522	9,21322	9,35804	9,49170

von *m* und *n*.

Log. *m*.							
″	7′	8′	9′	10′	11′	12′	13′
30	2,04311	2,15182	2,24842	2,33534	2,41434	2,48675	2,55358
31	04504	15352	24994	33671	41560	48790	55465
32	04697	15522	25146	33809	41685	48906	55572
33	04888	15691	25297	33946	41811	49021	55679
34	05080	15860	25449	34083	41936	49137	55785
35	05271	16030	25600	34220	42061	49253	55892
36	05462	16198	25751	34357	42186	49367	55999
37	05652	16366	25902	34493	42310	49481	56105
38	05842	16534	26052	34630	42435	49596	56211
39	06031	16701	26202	34766	42559	49711	56317
40	06220	16868	26352	34901	42683	49825	56423
41	06409	17035	26501	35037	42807	49939	56529
42	06597	17202	26651	35172	42931	50053	56635
43	06785	17368	26800	35308	43055	50167	56740
44	06972	17534	26949	35442	43178	50281	56846
45	07160	17700	27097	35577	43302	50394	56951
46	07346	17865	27246	35712	43425	50508	57056
47	07532	18030	27394	35846	43548	50621	57161
48	07718	18194	27542	35980	43670	50734	57266
49	07903	18359	27690	36114	43793	50847	57381
50	08089	18523	27836	36248	43915	50960	57476
51	08273	18687	27984	36381	44037	51073	57580
52	08457	18850	28130	36515	44160	51185	57685
53	08648	19013	28277	36648	44281	51298	57789
54	08824	19176	28423	36781	44403	51410	57893
55	09007	19338	28570	36913	44525	51522	57997
56	09190	19500	28715	37046	44646	51634	58101
57	09372	19662	28861	37178	44767	51746	58205
58	09434	19824	29006	37310	44888	51858	58309
59	09735	19985	29151	37442	45009	51969	58412
60	09917	20146	29296	37574	45130	52071	58516
Log. *n*.							
0	—	—	—	9,05522	9,21322	9,35804	9,49170
10	—	—	—	9,08256	9,23820	9,38104	9,51300
20	—	—	—	9,10950	9,26284	9,40374	9,53406
30	—	—	—	9,13602	9,28712	9,42616	9,55486

Log. m.							
"	14′	15′	16′	17′	18′	19′	20′
0	2,58516	2,64506	2,70110	2,75372	2,80336	2,85029	2,89482
1	58619	64603	70200	75458	80416	85105	89554
2	58722	64699	70291	75543	80496	85181	89626
3	58825	64795	70381	75628	80576	85257	89699
4	58928	64891	70471	75731	80656	85333	89771
5	59031	64987	70561	75798	80736	85409	89836
6	59134	65083	70651	75883	80816	85485	89915
7	59236	65179	70741	75967	80896	85561	89987
8	59339	65275	70830	76052	80976	85636	90059
9	59441	65370	70920	76136	81056	85712	90130
10	59543	65466	71010	76220	81135	85787	90202
11	59645	65561	71099	76305	81215	85863	90274
12	59747	65656	71188	76389	81295	85938	90346
13	59849	65751	71278	76476	81375	86014	90417
14	59951	65846	61367	76557	81454	86089	90489
15	60052	65941	71456	76641	81533	86164	90560
16	60154	66036	71545	76725	81612	86239	90632
17	60255	66131	71634	76808	81691	86314	90703
18	60357	66226	71723	76892	81770	86389	90774
19	60458	66320	71811	76976	81849	86464	90845
20	60559	66415	71900	77059	81928	86539	90917
21	60660	66509	71989	77143	82007	86614	90988
22	60760	66603	72077	77226	82086	86689	91059
23	60861	66697	72165	77309	82165	86763	91130
24	60962	66791	72254	77392	82244	86838	91201
25	61062	66885	72342	77476	82322	86912	91273
26	61162	66979	72430	77559	82401	86987	91343
27	61263	67073	72518	77642	82479	87061	91413
28	61363	67166	72606	77724	82558	87136	91484
29	61463	67260	72694	77807	82636	87210	91555
30	61563	67353	72781	77890	82714	87284	91625
Log. n.							
0	9,55486	9,67466	9,78674	9,89200	9,99126	0,08512	0,17418
10	9,57540	9,69386	9,80474	9,90894	0,00724	0,10028	0,18858
20	9,59572	9,71284	9,82254	9,92572	0,02310	0,11532	0,20288
30	9,61580	9,73160	9,84016	9,94234	0,03882	0,13022	0,21704

von *m* und *n*.

"	14′	15′	16′	17′	18′	19′	20′
			Log. *m*.				
30	2,61563	2,67353	2,72781	2,77890	2,82714	2,87284	2,91625
31	61672	67447	72869	77973	82792	87358	91696
32	61772	67540	72957	78056	82870	87432	91766
33	61871	67633	73044	78138	82948	87506	91837
34	61971	67726	73132	78220	83026	87580	91907
35	62070	67820	73219	78302	83104	87654	91977
36	62159	67912	73306	78385	83182	87728	92048
37	62258	68004	73393	78467	83260	87802	92118
38	62357	68097	73480	78549	83337	87876	92188
39	62456	68189	73567	78631	83414	87949	92258
40	62555	68282	73654	78713	83492	88023	92328
41	62654	68374	73741	78795	83570	88096	92398
42	62752	68466	73827	78877	83648	88170	92468
43	62850	68559	73914	78958	83725	88243	92538
44	62949	68651	74001	79040	83802	88317	92608
45	63047	68742	74087	79121	83879	88390	92677
46	63145	68834	74173	79203	83957	88463	92747
47	63243	68926	74259	79284	84034	88536	92817
48	63341	69018	74346	79366	84111	88600	92886
49	63438	69109	74432	79447	84188	88683	92956
50	63536	69201	74518	79528	84264	88756	93026
51	63634	69292	74604	79609	84341	88828	93096
52	63731	69383	74690	79690	84418	88901	93164
53	63828	69474	74775	79771	84495	88974	93233
54	63925	69565	74861	79852	84571	89047	93303
55	64023	69656	74947	79933	84648	89119	93372
56	64119	69747	75032	80014	84724	89192	93441
57	64216	69838	75118	80094	84801	89265	93510
58	64313	69929	75203	80175	84877	89337	93579
59	64410	70019	75288	80255	84953	89410	93648
60	64506	70110	75373	80336	85029	89482	93717
			Log. *n*.				
30	9,61580	9,73160	9,84016	9,94234	0,03882	0,13022	0,21704
40	9,63564	9,75018	9,85762	9,95880	0,05438	0,14500	0,23110
50	9,65526	9,76856	9,87490	9,97510	0,06982	0,15966	0,24504
60	9,67466	9,78674	9,89200	9,99126	0,08512	0,17418	0,25888

Log. m.							
″	21′	22′	23′	24′	25′	26′	27′
0	2,93717	2,97755	3,01613	3,05306	3,08848	3,12252	3,15526
1	93786	97820	01675	05366	08906	12307	15580
2	93855	97886	01738	05426	08964	12363	15633
3	93923	97952	01801	05487	09022	12478	15686
4	93992	98017	01864	05547	09079	12474	15740
5	94061	98083	01926	05607	09137	12529	15793
6	94129	98148	01989	05667	09195	12585	15847
7	94198	98214	02052	05727	09252	12640	15900
8	94266	98279	02114	05787	09310	12695	15953
9	94335	98344	02177	05847	09367	12751	16007
10	94403	98410	02239	05907	09425	12806	16060
11	94471	98475	02302	05966	09482	12861	16113
12	94540	98540	02364	06026	09540	12916	16166
13	94608	98605	02426	06086	09597	12972	16210
14	94676	98670	02489	06146	09655	13027	16273
15	94744	98735	02551	06205	09712	13082	16326
16	94812	98800	02613	06265	09769	13137	16379
17	94880	98865	02675	06324	09826	13196	16432
18	94948	98930	02737	06384	09883	13247	16485
19	95016	98995	02799	06444	09941	13302	16538
20	95084	99060	02861	06503	09998	13357	16591
21	95152	99125	02923	06562	10055	13412	16643
22	95219	99189	02985	06622	10112	13467	16696
23	95287	99254	03047	06681	10169	13521	16749
24	95355	99319	03109	06740	10226	13576	16802
25	95422	99383	03171	06800	10283	13631	16855
26	95490	99448	03232	06859	10340	13686	16907
27	95557	99512	03294	06918	10396	13740	16960
28	95625	99576	03356	06977	10453	13795	17013
29	95692	99641	03417	07036	10510	13850	17066
30	95759	99705	03479	07095	10567	13904	17118
Log. n.							
0	0,25888	0,33964	0,41680	0,49066	0,56150	0,62958	0,69506
10	0 27260	0,35274	0,42932	0,50268	0,57304	0,64066	0,70574
20	0,28622	0,36574	0,44176	0,51460	0,58450	0,65168	0,71636
30	0,29972	0,37864	0,45412	0,52644	0,59588	0,66262	0,72690

von *m* und *n*.

Log. *m*.							
''	21'	22'	23'	24'	25'	26'	27'
30	2,95759	2,99705	3,03479	3,07095	3,10567	3,13904	3,17118
31	95827	99769	03540	07154	10623	13959	17170
32	95894	99834	03602	07213	10680	14013	17223
33	95961	99898	03663	07272	10737	14068	17275
34	96028	99962	03725	07331	10793	14122	17327
35	96095	3,00026	03787	07389	10850	14177	17380
36	96162	00090	03848	07449	10906	14231	17433
37	96229	00154	03909	07508	10963	14285	17485
38	96296	00218	03970	07567	11019	14340	17538
39	96362	00282	04031	07625	11076	14394	17590
40	96429	00346	04092	07684	11132	14448	17642
41	96496	00409	04153	07742	11188	14502	17694
42	96563	00473	04214	07801	11245	14557	17746
43	96630	00537	04275	07859	11301	14611	17799
44	96696	00600	04336	07918	11357	14665	17851
45	96763	00664	04397	07976	11413	14719	17903
46	96829	00728	04458	08035	11469	14773	17955
47	96896	00791	04519	08094	11525	14827	18007
48	96962	00855	04580	08151	11582	14881	18059
49	97028	00918	04641	08210	11638	14935	18111
50	97095	00981	04701	08268	11694	14989	18163
51	97161	01045	04762	08326	11750	15043	18215
52	97227	01108	04823	08384	11805	15096	18267
53	97293	01171	04883	08442	11861	15150	18319
54	97359	01234	04944	08501	11917	15204	18371
55	97425	01298	05004	08559	11973	15258	18422
56	97491	01361	05065	08617	12029	15312	18474
57	97557	01424	05125	08675	12085	15365	18527
58	97623	01487	05185	08733	12140	15419	18578
59	97689	01550	05246	08791	12196	15472	18639
60	97755	01613	05306	08848	12252	15526	18681
Log. *n*.							
30	0,29972	0,37864	0,45412	0,52644	0,59588	0,66262	0,72690
40	0,31312	0,39146	0,46638	0,53822	0,60718	0,67350	0,73738
50	0,32644	0,40416	0,47856	0,54990	0,61842	0,68432	0,74780
60	0,33964	0,41680	0,49066	0,56150	0,62958	0,69506	0,75816

Log. m.							
"	28′	29′	30′	31′	32′	33′	34′
0	3,18681	3,21725	3,24665	3,27509	3,30262	3,32931	3,35519
1	18733	21775	24713	27556	30308	32975	35562
2	18784	21825	24762	27602	30353	33028	35604
3	18836	21875	24810	27649	30398	33062	35647
4	18887	21924	24858	27695	30443	33106	35689
5	18939	21974	24906	27742	30488	33149	35731
6	18990	22024	24954	27788	30533	33193	35774
7	19042	22073	25002	27835	30578	33237	35816
8	19093	22123	25050	27881	30622	33280	35858
9	19145	22172	25098	27928	30668	33324	35901
10	19196	22222	25146	27974	30713	33368	35943
11	19247	22272	25194	28021	30758	33411	35985
12	19299	22321	25242	28067	30803	33455	36028
13	19350	22371	25289	28113	30848	33498	36070
14	19401	22420	25337	28159	30892	33542	36112
15	19452	22470	25385	28206	30937	33585	36154
16	19503	22519	25433	28252	30982	33629	36196
17	19554	22568	25481	28298	31027	33672	36239
18	19606	22618	25528	28344	31072	33715	36281
19	19657	22667	25576	28391	31116	33759	36323
20	19708	22716	25624	28437	31161	33802	36365
21	19759	22766	25671	28483	31206	33846	36407
22	19810	22815	25719	28529	31250	33889	36449
23	19861	22864	25767	28575	31295	33932	36491
24	19912	22913	25814	28621	31340	33975	36533
25	19962	22963	25862	28667	31384	34019	36575
26	20013	23012	25909	28713	31429	34062	36617
27	20064	23061	25966	28759	31473	34105	36659
28	20115	23110	26004	28805	31518	34148	36701
29	20166	23159	26051	28851	31562	34192	36743
30	20216	23208	26099	28897	31607	34235	36785
Log. n.							
0	0,75816	0,81904	0,87885	0,93473	0,98979	1,04316	1,09493
10	0,76846	0,82898	0,88746	0,94402	0,99879	1,05190	1,10341
20	0,77870	0,83886	0,89702	0,95328	1,00777	1,06059	1,11184
30	0,78886	0,84870	0,90652	0,96248	1,01668	1,06924	1,12024

von m und n.

Log. m.							
''	28'	29'	30'	31'	32'	33'	34'
30	3,20216	3,23208	3,26099	3,28897	3,31607	3,34235	3,36785
31	20267	23257	26146	28943	31651	34278	36827
32	20318	23306	26194	28988	31696	34321	36868
33	20369	23355	26241	29034	31740	34364	36910
34	20419	23404	26288	29080	31785	34407	36952
35	20470	23453	26336	29126	31829	34450	36994
36	20520	23501	26383	29172	31873	34493	37036
37	20571	23550	26430	29227	31918	34536	37077
38	20621	23599	26477	29263	31962	34579	37119
39	20672	23648	26524	29309	32006	34622	37161
40	20722	23697	26572	29354	32050	34665	37203
41	20772	23745	26619	29400	32095	34708	37244
42	20822	23794	26666	29446	32139	34751	37286
43	20873	23843	26713	29491	32183	34794	37328
44	20924	23891	26760	29507	32227	34836	37369
45	20974	23940	26807	29582	32271	34879	37411
46	21024	23988	26854	29628	32315	34922	37452
47	21075	24037	26901	29673	32360	34965	37494
48	21125	24086	26948	29719	32404	35008	37535
49	21175	24134	26995	29764	32448	35050	37577
50	21225	24182	27042	29810	32492	35093	37618
51	21275	24231	27088	29855	32536	35136	37660
52	21325	24279	27135	29900	32580	35178	37701
53	21375	24328	27182	29946	32624	35221	37743
54	21425	24376	27229	29991	32668	35264	37784
55	21475	24423	27276	30036	32712	35306	37826
56	21525	24473	27322	30082	32755	35349	37867
57	21575	24521	27369	30127	32799	35392	37908
58	21625	24569	27416	30172	32843	35434	37950
59	21675	24617	27463	30217	32887	35477	37991
60	21725	24666	27509	30262	32931	35520	38032
Log. n.							
30	0,78886	0,84870	0,90652	0,96248	1,01668	1,06924	1,12024
40	0,79898	0,85848	0,91598	0,97163	1,02555	1,07784	1,12860
50	0,80904	0,86818	0,92538	0,98074	1,03438	1,08641	1,13691
60	0,81904	0,87885	0,93473	0,98979	1,04316	1,09493	1,14519

Log. *m*.

″	35′	36′	37′	38′	39′	40′	41′
0	3,38032	3,40474	3,42849	3,45160	3,47411	3,49605	3,51744
1	38073	40514	42888	45198	47448	49641	51779
2	38115	40554	42927	45236	47485	49677	51814
3	38156	40595	42965	45274	47522	49713	51849
4	38197	40635	43004	45312	47559	49749	51885
5	38238	40675	43044	45350	47596	49785	51920
6	38280	40715	43083	45388	47633	49821	51955
7	38321	40755	43122	45426	47670	49857	51990
8	38362	40795	43161	45464	47707	49893	52025
9	38403	40835	43200	45502	47744	49929	52060
10	38444	40875	43239	45539	47781	49965	52095
11	38485	40915	43277	45577	47817	50001	52130
12	38526	40955	43316	45615	47854	50037	52165
13	38567	40995	43355	45653	47891	50073	52201
14	38608	41034	43394	45691	47927	50109	52236
15	38649	41074	43433	45728	47965	50145	52271
16	38690	41114	43471	45766	48002	50180	52306
17	38731	41154	43510	45804	48038	50216	52341
18	38772	41194	43549	45842	48075	50252	52375
19	38813	41233	43588	45879	48112	50288	52410
20	38854	41273	43626	45917	48149	50324	52445
21	38895	41313	43665	45955	48185	50360	52480
22	38936	41353	43704	45992	48222	50395	52515
23	38976	41392	43742	46030	48259	50431	52550
24	39017	41432	43781	46068	48295	50467	52585
25	39058	41472	43820	46105	48332	50503	52620
26	39099	41511	43858	46143	48369	50538	52655
27	39140	41551	43897	46180	48405	50574	52690
28	39180	41591	43935	46218	48442	50610	52724
29	39221	41630	43974	46255	48478	50645	52759
30	39262	41670	44012	46293	48515	50681	52794

Log. *n*.

″	35′	36′	37′	38′	39′	40′	41′
0	1,14519	1,19403	1,24151	1,28775	1,33277	1,37664	1,41942
10	1,15343	1,20204	1,24902	1,29533	1,34016	1,38384	1,42645
20	1,16162	1,21001	1,25707	1,30289	1,34752	1,39102	1,43345
30	1,16978	1,21794	1,26479	1,31041	1,35484	1,39816	1,44042

von *m* und *n*.

Log. *m*.							
″	35′	36′	37′	38′	39′	40′	41′
30	3,39262	3,41670	3,44012	3,46293	3,48515	3,50681	3,52794
31	39303	41709	44051	46331	48551	50717	52829
32	39343	41749	44089	46368	48588	50752	52863
33	39384	41788	44128	46405	48625	50788	52898
34	39424	41828	44166	46443	48661	50823	52933
35	39465	41867	44205	46480	48698	50859	52968
36	39506	41907	44243	46518	48734	50895	53002
37	39546	41946	44282	46555	48770	50930	53037
38	39587	41986	44320	46593	48807	50966	53072
39	39627	42025	44358	46630	48843	51001	53106
40	39668	42065	44397	46667	48880	51037	53141
41	39708	42104	44435	46705	48916	51072	53176
42	39749	42143	44473	46742	48953	51108	53210
43	39789	42183	44512	46779	48989	51143	53245
44	39830	42222	44550	46817	49025	51179	53280
45	39870	42261	44588	46854	49062	51214	53314
46	39911	42301	44626	46891	49098	51250	53349
47	39951	42340	44665	46928	49134	51285	53383
48	39991	42379	44703	46966	49170	51320	53418
49	40032	42419	44741	47003	49207	51356	53452
50	40072	42458	44779	47040	49243	51391	53487
51	40112	42497	44817	47077	49279	51426	53521
52	40153	42536	44856	47114	49315	51462	53556
53	40193	42575	44894	47152	49352	51497	53590
54	40233	42614	44932	47189	49388	51532	53625
55	40273	42654	44970	47226	49424	51568	53659
56	40314	42693	45008	47263	49460	51603	53694
57	40354	42732	45046	47300	49496	51638	53728
58	40394	42771	45084	47337	49533	51673	53763
59	40434	42810	45122	47374	49569	51709	53797
60	40474	42849	45160	47411	49605	51744	53831
Log. *n*.							
30	1,16978	1,21794	1,26479	1,31041	1,35484	1,39716	1,44042
40	1,17790	1,22584	1,27248	1,31789	1,36214	1,40428	1,44737
50	1,18598	1,23380	1,28013	1,32535	1,36941	1,41237	1,45428
60	1,19403	1,24152	1,28775	1,33277	1,37664	1,41942	1,46117

Bemerkung.

Zur leichtern Übersicht folgen hier die Nachweise der Erklärungen und der Beispiele in der Instruction für die vorhergehenden Tafeln.

Tafel I und II, für die Mittags- und Mitternachtsverbesserung.
Erklärung: §. 72, Seite 155.
Beispiele: Seite 157, 158, 159.
Tafel III bis VII, für die Refraction.
Erklärung: §. 74, Seite 159—162.
Beispiele: Seite 161 und 162.
Tafel VIII, Tafel der Logarithmen *m, n,* zur Reduction auf den Meridian.
Erklärung: §. 77, Seite 169—172.
Beispiele: §. 78, Seite 173.

INHALT.

Magnetische Beobachtungen.

Seite

1. Bestimmungsstücke der magnetischen Erdkraft 1

I. Declination.

2. Bestimmungsstücke der Declination 1
3. Magnetometer von Gauss 2
   a) Träger, Hebeschraube, Faden 3
   b) Magnetstab 5
   c) Schiffchen und Torsionskreis 7
   d) Spiegel und Spiegelhalter 7
   e) Torsions- und Beruhigungsstab, Kasten 9
   f) Magnetischer Saal, Theodolit, Scale, Mire 11
4. Aufstellung des Magnetometers 13
5. Dämpfer 15
6. Auffindung der magnetischen Axe und des magnetischen Meridians . 15
7. Berücksichtigung der Änderungen der Declination 16
8. Bestimmung des Winkels zwischen der optischen Axe des Fernrohres und der magnetischen Axe der Nadel 17
9. Werth eines Scalentheiles 18
10. Drehung des Fadens 19
11. Bestimmung der Declination 21
12. Magnetischer Theodolit von Lamont 21
13. Apparat zur Bestimmung der Declination 23
14. Beispiele der Declinationsbestimmung. I. Mit einem Reise-Magnetometer . 29
15. Spiegelfehler 32
16. Änderungen der Declination 33
17. Correction wegen der Torsion 35
18. Bestimmung des Winkels δ 35
19. Bestimmung des Winkels α und β 36
20. Auffindung der Declination 36

Seite

21. II. Declinations-Bestimmung mit einem magnetischen Theodoliten . . 37
22. Ergebniss mit diesem Theodoliten 37
23. III. Bestimmung der Declination mit einem zweiten Theodoliten . . 38
24. Lage des Meridians 39
25. Correction wegen Torsion und Ergebniss 40

II. Horizontale Intensität.

26. Allgemeines Verfahren zur Auffindung der horizontalen Intensität . . 41
27. Intensitätsbestimmung mit dem Magnetometer 42
28. Torsion 45
29. Ablenkungen 46
30. Beruhigung 47
31. Berechnung der Tangenten der Ablenkungswinkel 48
32. Vorbereitung zu den Schwingungsdauern 51
33. Verfahren bei Bestimmung der Schwingungsdauer grosser Stäbe . . 52
34. Einfacheres Verfahren zur Bestimmung der Schwingungsdauer . . . 56
35. Verfahren bei kurzen Schwingungsdauern 59
36. Gleichzeitige Beobachtungen am Variations-Apparate 60
37. Correctionen wegen der Temperatur des Hauptstabes 62
38. Corectionen wegen des Uhrganges und der Drehung des Fadens . . 63
39. Correction wegen der Grösse des Schwingungsbogens 63
40. Bestimmung des Wärme-Coëfficienten 63
41. Beispiel der Intensitätsbestimmung mit dem Magnetometer 66
a) Ablenkungen 66
b) Schwingungen des unbelasteten Stabes 68
c) Torsionsbestimmung 69
d) Schwingungen des belasteten Stabes 70
e) Gleichzeitige Beobachtungen am Bifilare 71
f) Reduction der Ablenkungen 72
g) Reduction der Schwingungsdauern 73
h) Endergebniss 74
42. Intensitätsbestimmung mit dem magnetischen Theodoliten 76
43. Verfahren bei den Ablenkungen 77
44. Verfahren bei den Schwingungsdauern 78
45. Abänderungen am magnetischen Theodoliten 79
46. Correction des Ablenkungswinkels 80
47. Vereinfachung der Beobachtungen und Rechnungen 81
48. Beispiel der Intensitätsbestimmung mit dem magnetischen Theodoliten 82
a) Ablenkungen 82
b) Schwingungen mit kleinen Schwingungsbögen 83
c) Ergebniss der Beobachtungen 85
d) Schwingungen mit grösseren Schwingungsbögen 86
e) Getrennte Schwingungsreihen 87

III. Inclination.

Seite

49. Beschreibung des Apparates 89
50. Verfahren bei der Beobachtung 95
51. Beispiel einer Inclinations-Bestimmung 100

Variations-Apparate.

52. Erfordernisse derselben 100
53. Verfahren, die Correctionen auzubringen 103
54. Berechnung des Wärme-Coëfficienten aus den Beobachtungen . . . 104
55. Zimmer der Variations-Apparate in Wien 107
56. Declinations-Apparat 109
57. Bifilar-Apparat 111
58. Aufstellung dieses Apparates 116
59. Bestimmung des Verhältnisses der Drehkräfte 117
60. Beobachtungsstand des Bifilar-Apparates 119
61. Werth eines Scalentheiles 120
62. Inclinations-Apparat 123
63. Bestimmung des Inductions- und Wärme-Coëfficienten 127
64. Beispiel der Berechnung der Änderung der Inclination 128
65. Lamont's Reise Inclinatorium 130
66. Aufstellung der Fernröhre 133
67. Zeit der Beobachtung 134
68. Störungsbeobachtungen 138

Astronomische Beobachtungen.

69. Bestimmung des Fehlers und Ganges der Uhr 139
70. Spiegel-Sextant 140
71. Theodolit und Höhenkreis 147
72. Verfahren bei den Beobachtungen 153
73. Beispiele der Zeitbestimmungen aus correspondirenden Sonnenhöhen 156
74. Beispiel einer Zeitbestimmung aus einfachen Sonnenhöhen 159
75. Bestimmung des Azimuthes eines festen Punktes 164
76. Beispiel einer Azimuthbestimmung 167
77. Bestimmung der geographischen Breite 169
78. Beispiel einer Polhöhenbestimmung mit dem Sextanten 173
79. Polhöhenbestimmung mit dem Höhenkreise 177
80. Correction wegen der Libelle 177
81. Beispiel der Berechnung einer Beobachtung 179
82. Mikroskope 180
83. Verfahren bei den Beobachtungen 183
84. Beispiel einer Beobachtung 183
85. Reisetisch 184

TAFELN.

		Seite
Bemerkung		188
I.	Tafel für die Mittagsverbesserung	189
II.	„ „ „ Mitternachtsverbesserung	192
III.	„ „ „ mittlere Refraction	195
IV.	„ „ „ Correction wegen des Luftdruckes	199
V.	„ „ „ „ „ der Temperatur des Quecksilbers	199
VI.	„ „ „ „ „ „ „ der äusseren Luft	199
VII.	„ „ „ Höhenparallaxe der Sonne	199
VIII.	„ „ „ Logarithmen von m und n	200
Bemerkungen zu den Tafeln		212



